ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 MARS 1925.

PRÉSIDENCE DE M. E.-L. BOUVIER.

CÉRÉMONIES.

Au début de la séance, la médaille frappée à l'effigie de *Henri Poincaré*, grâce à une souscription ouverte en 1914, est remise à Mme Vve Henri Poincaré et à M. le Président Raymond Poincaré.

M. le **Président** s'exprime d'abord en ces termes :

Madame,
Monsieur le Président,

La Commission internationale du fonds Poincaré a voulu consacrer par une médaille la mémoire de l'homme illustre qui voua son activité, son esprit et son cœur au service de la Science.

En acceptant de recevoir cette médaille ici, au milieu de nous, en pleine séance académique, vous avez donné à notre Compagnie un témoignage d'estime dont elle est fière.

J'ajoute qu'elle en est profondément heureuse : car son autorité doit beaucoup au mathématicien de génie qui fut l'un des vôtres, et nulle part on ne saurait s'associer aux sentiments intimes de votre famille comme dans cette enceinte où l'on ne prononce jamais sans respect le nom de Poincaré, synonyme de tous les dévouements à la Patrie.

L'Académie est très sensible à l'honneur que vous lui faites en ce jour, elle vous en remercie par ma bouche et, en son nom, je vous souhaite la plus cordiale bienvenue.

M. P. Appell prend ensuite la parole :

Madame,
Monsieur le Président,
Mes chers Confrères,

Au début de 1914, un Comité que j'ai eu l'honneur d'être appelé à présider, et qui comprenait les très éminents et regrettés secrétaires perpétuels Etienne Lamy et Gaston Darboux, prit l'initiative d'ouvrir une souscription destinée à frapper une médaille à l'effigie d'Henri Poincaré, et à constituer un fonds dont les arrérages seraient employés par l'Académie des Sciences à encourager ou à récompenser de jeunes savants qui s'occupent des parties de la science dont le génie d'Henri Poincaré a assuré le progrès : l'analyse mathématique, la mécanique céleste, la physique mathématique, la philosophie scientifique.

Les souscriptions affluèrent aussitôt, mais furent brusquement interrompues, pour ne jamais reprendre, par la déclaration de la guerre. Et le Comité ne recueillit qu'une faible partie des sommes sur lesquelles il pouvait compter.

Longtemps nous avons attendu, espérant le retour aux prix d'avant-guerre.

Nous apportons aujourd'hui ce que nous pouvons. Il a fallu renoncer à remettre aux souscripteurs la médaille du format qui avait été conçu d'abord par M. Prud'homme, l'artiste distingué à qui l'histoire des sciences doit déjà plusieurs documents remarquables. Grâce à son concours dévoué, une médaille plus petite, belle réduction du projet primitif, sera distribuée.

Cependant, il a pu être tiré de la grande quelques exemplaires d'honneur que je vais remettre à vous, Madame, à votre illustre cousin, M. le Président Poincaré, à notre Académie enfin que votre cher Mari aimait si passionnément, et qui était la tribune d'où se répandait dans le monde sa géniale pensée.

Pour la réalisation de la deuxième partie du programme, le reliquat de la souscription est nettement insuffisant. Nous l'avons remis à l'Académie qui le conservera fidèlement et qui, ne pouvant, avec de si faibles ressources, encourager ou récompenser *annuellement* de jeunes savants, utilisera les fonds à échéance plus lointaine, en donnant la médaille en or, comme très haute récompense, à des mathématiciens éminents.

Dans l'espoir de trouver encore les moyens de faire mieux, j'adresse un

appel à ceux que les circonstances seules, ou le manque d'information ont empêché de prendre part à la souscription. Leur contribution sera reçue avec reconnaissance. Ils peuvent la remettre à notre trésorier, M. Pierre Gauja.

Et maintenant, je veux saisir cette nouvelle occasion de rendre à la grande mémoire du condisciple, collègue, confrère, ami, que fut pour moi Henri Poincaré l'hommage de mon admiration toujours grandissante pour l'œuvre où, pendant des siècles, savants et penseurs pourront trouver la source de recherches nouvelles.

M. le **Président** remercie M. **P. Appell** de la remise qui a été faite à l'Académie du reliquat de la souscription.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Émile Picard** présente dans les termes suivants les volumes 14 et 15 de l'*Histoire de France* de M. Hanotaux :

Je dépose sur le Bureau de l'Académie les tomes 14 et 15 de l'*Histoire de la Nation française*, publiée sous la direction de M. Gabriel Hanotaux ; ils sont consacrés aux sciences mathématiques, physiques et biologiques. C'est la première fois que, dans une histoire de France, l'histoire des sciences est traitée avec une telle ampleur. Les sciences mathématiques ont été étudiées par notre confrère M. **Henri Andoyer** et par M. **Pierre Humbert**, la Physique par M. **Charles Fabry**, la Chimie par M. **Albert Colson**. M. **Maurice Caullery** a traité des sciences biologiques, et M. **René Lote** de la philosophie des sciences. J'ai écrit une introduction générale à ces deux volumes.

C'est une entreprise difficile que d'écrire l'histoire des sciences mathématiques, physiques et naturelles. On rencontre à ce sujet dans trop de livres beaucoup de légendes, ainsi que des fausses attributions et des silences parfois intentionnels. Le travail scientifique est en grande partie un travail collectif et l'éclosion des idées en apparence les plus originales n'est souvent que l'aboutissement de longs efforts antérieurs. Aussi la difficulté est-elle grande de rendre à chacun la justice qui lui est due.

On peut envisager l'histoire des sciences à un autre point de vue, en se préoccupant de tracer un tableau fidèle de l'évolution historique de la science, s'intéressant moins aux hommes qu'aux méthodes et aux résultats. Dans cet ouvrage consacré à l'histoire de France, il ne pouvait être question de se placer systématiquement à un seul de ces points de vue. On s'y est proposé de donner un tableau exact du développement scientifique des trois derniers siècles, en s'attachant surtout aux savants français et à leur œuvre, de manière à montrer le rôle de notre pays dans l'édification de la science moderne.

L'histoire des sciences est un des beaux chapitres de l'histoire de l'esprit humain. L'ensemble si varié des points de vue qui s'y présentent a une valeur hautement éducative, et il est permis de souhaiter que, dans notre enseignement secondaire, quelque place soit, vers la fin des études, réservée à cette histoire trop négligée en France. L'histoire des sciences peut devenir un grand ferment de vocation, et c'est dans ce sens que l'œuvre présente a été écrite.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques équations intégrales singulières.* Note de M. **Émile Picard.**

1. J'ai indiqué autrefois [1] un exemple très simple d'équation intégrale singulière, du type de l'équation de Fredholm, où la nature analytique de la solution par rapport au paramètre λ figurant dans l'équation dépend de la fonction placée dans le second membre. C'est l'équation

$$(E) \qquad u(x) - \frac{1-\lambda}{2}\int_{-\infty}^{+\infty} u(\xi)\, e^{-|x-\xi|}\, d\xi = f(x),$$

dont la solution est donnée par

$$(1) \qquad u(x) = f(x) + \frac{1-\lambda}{2\sqrt{\lambda}}\int_{-\infty}^{+\infty} f(\xi)\, e^{-|x-\xi|\sqrt{\lambda}}\, d\xi,$$

où l'on suppose que λ n'est pas une constante réelle négative, et où $\sqrt{\lambda}$ a sa partie réelle négative (suivant l'usage $|a|$ représente la valeur absolue de a).

La nature analytique de $u(x)$ regardée comme fonction de λ dépend essentiellement de la fonction $f(x)$, qui est dans le second membre de (E). La fonction de λ, représentée par l'expression (1), peut, suivant les cas,

---

[1] *Annales de l'École Normale supérieure*, 3e série, **28**, 1911, p. 313.

avoir des coupures naturelles ou artificielles et des singularités très variées.

2. Voici un autre exemple d'équation intégrale singulière, différant à un autre point de vue de l'équation de Fredholm. Soit l'équation

$$f(x) + \lambda \int_0^\infty \cos(xy) f(y)\, dy = \varphi(x).$$

On trouve aisément la solution qui est

$$f(x) = \frac{2\lambda \int_0^\infty \cos(xy)\, \varphi(y)\, dy - 2\varphi(x)}{\pi\lambda^2 - 2}.$$

Comme dans le cas classique, $f(x)$ est méromorphe en λ. On a les deux valeurs singulières

$$\lambda = \pm\sqrt{\frac{2}{\pi}}.$$

Mais ici l'équation sans second membre, correspondant à l'une ou l'autre de ces valeurs singulières, a une infinité de solutions distinctes. Ainsi, envisageons l'équation sans second membre

$$f(x) + \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^\infty \cos(xy) f(y)\, dy = 0.$$

Elle admet les solutions en nombre infini

$$\int_A^B \left[e^{-ax} - \frac{a}{x^2 + a^2} \sqrt{\frac{2}{\pi}} \right] \psi(a)\, da,$$

a désigne une variable positive; A et B sont deux constantes positives quelconques, et $\psi(a)$ est une fonction arbitraire. Une circonstance analogue se présente pour la seconde valeur singulière.

On sait que, dans l'équation régulière de Fredholm, il n'y a au contraire qu'un nombre limité de solutions distinctes correspondant à une valeur singulière.

GÉODÉSIE. — *Sur un prétendu affaissement du sol de la France.*
Note de M. Ch. Lallemand.

Dans sa séance du 14 janvier 1922, l'Académie des Sciences de Bavière a reçu d'un de ses membres les plus compétents, M. Schmidt, professeur

de Géodésie à l'Ecole Polytechnique de Munich, au sujet de récents et larges mouvements de l'écorce terrestre (¹) qui affecteraient toute la France septentrionale, une sensationnelle communication dont je viens seulement d'avoir connaissance.

En 25 ans, a-t-il dit, le sol français aurait subi un affaissement progressif, croissant du Sud au Nord, depuis Marseille, où il est nul, jusqu'à Brest et à Lille, où il atteint 1^m environ. La vitesse moyenne de ce mouvement serait d'à peu près 25^{mm} par an.

Cette constatation ressortirait de la confrontation des deux grands réseaux du nivellement général de la France, exécutés, le premier, de 1857 à 1864, par Bourdaloué, et le second, de 1884 à 1893, sous la direction de Ch. Lallemand.

Au point de vue de l'exactitude, la première de ces opérations satisfait aux conditions fixées à Berlin, en 1867, par l'Association géodésique internationale, pour la mesure correcte des mouvements de l'écorce terrestre, tandis que la seconde rentre largement dans les limites d'erreurs établies à Hambourg, en 1912, par la même Association, pour les nivellements de haute précision.

En raison de leur grandeur et de leur régularité, les discordances relevées entre les altitudes, anciennes et nouvelles, d'un très grand nombre de repères communs aux deux réseaux, ne sauraient être attribuées à des erreurs systématiques de l'une ou de l'autre opération; elles ne peuvent s'expliquer que par un lent et progressif affaissement du sol, dont la relation avec la structure générale du pays se manifeste d'ailleurs clairement à la seule inspection d'une carte où ces dénivellations se trouvent graphiquement figurées par des lignes d'égales cotes (²).

Le mouvement général affecterait, en gros, la forme d'une auge, dont le fond suit la vallée du Rhône, tandis que les bords se relèvent, d'une part, sur les contreforts des Alpes et du Jura, et, de l'autre, sur le Plateau Central, depuis le pied des Pyrénées jusqu'au littoral de la Manche.

Le 4 février suivant, devant la même Académie, dans une Note intitulée « *Remarquables affaissements du sol de la France* » (³), un géologue estimé, le professeur Emmanuel Kayser, commentait ainsi la découverte faite par son confrère :

Absolument comme vous, dit-il, j'estime que les discordances relevées, en France, entre les anciennes et les nouvelles altitudes, ne peuvent aucunement tenir à des

---

(¹) M. SCHMIDT, *Neuzeitliche Erdkrustenbewegungen in Frankreich* (*Sitzungsberichte der math.-physik. Klasse der Bayerischen Akademie der Wissenschaften*; München, 1922, fasc. 1, p. 1).

(²) En ce qui touche les lignes en question, cette carte est l'*exacte reproduction* de celle ci-après (*fig.* 1), extraite de mon Rapport de 1898 à l'Association géodésique internationale (*Conférence de Stuttgart*, *C. R.*, Annexe B, IV^b, p. 427, fig. 10).

(³) E. KAYSER, *Merkwürdige Senkungen des Bodens von Frankreich* (*Sitzungsberichte*, etc., *op. cit.*, p. 51).

erreurs d'observation. Elles fournissent au contraire la preuve manifeste d'un fait très important, à savoir que la grande zone tertiaire plissée des Alpes et des Pyrénées est demeurée stable — les Alpes présenteraient même un léger soulèvement — pendant que le reste du sol de la France subissait un affaissement de grandeur croissante à mesure qu'on se rapproche de la mer du Nord.

Ceci concorde d'ailleurs absolument avec le fait, depuis longtemps connu, de l'affaissement séculaire de la côte septentrionale française et du littoral néerlandais, affaissement dont l'origine remonte à l'époque postglaciaire et qui persiste encore aujourd'hui.

Très importante est, d'autre part, la forte inflexion vers le Sud que les courbes d'égale subsidence, dirigées, en général, de l'Est à l'Ouest, montrent dans les vallées de la Saône et du Rhône, entre Dijon et Montpellier, c'est-à-dire dans cette large dépression qui, entre les Alpes ou le Jura et le Plateau Central, forme une parfaite réplique de notre fosse du Rhin moyen.

Les données sur lesquelles s'appuient les conclusions qui précèdent, ajoute le professeur Schmidt, sont extraites des nombreuses publications à ce sujet, insérées dans les *Comptes rendus* de l'Académie des Sciences de Paris, et dans les *Procès-verbaux des Conférences annuelles de l'Association géodésique internationale*.

Ces conclusions méritent donc, selon lui, une absolue confiance.

Le malheur veut que, si les données en question sont exactes, les savantes déductions que l'on en a tirées soient complètement dénuées de base, la condition essentielle, rappelée par M. Schmidt lui-même, à savoir que les discordances constatées ne puissent être attribuées à des erreurs d'observations, se trouvant démentie par les faits, de la manière la plus nette, comme il eût été facile à M. Schmidt de s'en convaincre s'il avait lu avec plus de soin les documents auxquels il se réfère.

Le problème qu'il a cru résoudre est, en effet, celui-là même qui se trouve énoncé dès les premières lignes de la Note présentée par moi, dès l'année 1886, à l'Association géodésique internationale, sur les travaux du Service du Nivellement général de la France ([1]).

« Le nouveau réseau fondamental, disais-je, permettra de rectifier le réseau Bourdaloue et de mesurer, par la comparaison des altitudes anciennes et nouvelles des points de croisement des deux réseaux, les mouvements lents du sol. »

Dans une Note présentée à l'Académie des Sciences de Paris, le

---

([1]) *Comptes rendus de la VIIIe Conférence générale de l'Association géodésique internationale, tenue à Berlin, en octobre* 1886 (Annexe V^a, p. 130).

20 août 1888 [1], et intitulée : « *Lois provisoires de l'affaissement d'une portion du sol de la France* », le colonel Goulier, faisant état des différences relevées entre les altitudes des points communs aux deux opérations, pour la partie alors exécutée du nouveau réseau fondamental, émettait, « *mais en se tenant dans une réserve prudente, motivée par la possibilité d'erreurs systématiques inconnues* (*sic*) », l'avis que ces différences pouvaient être attribuées à des mouvements du sol, survenus dans l'intervalle des deux nivellements.

En présentant à mon tour ces résultats, la même année, à l'Association géodésique internationale [2], je disais ceci : « Vu son importance et son allure relativement régulière, la discordance (de 70^{cm}, relevée, à Lille, entre l'ancienne et la nouvelle altitude) paraît difficilement attribuable à des erreurs accidentelles de l'une ou de l'autre opération » ; mais, quelques lignes plus loin, j'ajoutais : « La valeur de cette hypothèse sera mise ultérieurement à l'épreuve en comparant, dans les ports où se poursuivent des observations marégraphiques, l'affaissement ou l'exhaussement du sol, qui expliquerait l'écart des deux nivellements, avec celui directement accusé par la variation du niveau moyen de la mer dans l'intervalle des deux opérations. Nous indiquerons, plus tard, les résultats de cette étude complémentaire, notamment quand nous aurons atteint Brest, point d'une importance particulière, où le niveau de la mer se trouve déterminé, avec une grande précision, par la moyenne d'une quarantaine d'années d'observations faites à l'aide d'un appareil enregistreur. »

Or, d'après le diagramme (*fig.* 1) de ces observations [3], le niveau moyen à Brest, durant cette période, est demeuré stationnaire, à 3 ou 4^{cm} près, en plus ou en moins.

La même constatation ayant été faite à Marseille, on pouvait avec certitude en conclure que, dans ces deux localités, le sol, durant l'intervalle, n'avait pas subi de mouvement appréciable.

Mais, alors que le nivellement de Bourdalouë faisait ressortir une dénivellation de 1^{m} environ entre l'Océan à Brest et la Méditerranée à Marseille, le nouveau nivellement général, en 1889, n'assignait plus au niveau moyen de Brest qu'une altitude de $0^{m},17$ au-dessus du niveau moyen de Marseille.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 107, 1888, p. 439.

(2) *C. R. Assoc. géodés. internat.*, *Session de Salzbourg*, 1888 (Annexe IId, p. 35).

(3) *Comptes rendus de l'Assoc. géodés. internat.*, *Conférence de Budapest*, 1906, (vol. 1, Annexe A. XIVb, p. 286, fig. 2).

Cette dernière valeur, ajoutais-je ([1]), « paraît en contradiction avec la valeur correspondante fournie par le nivellement Bourdalouë. La discordance a été reconnue tenir à des erreurs systématiques de cette dernière opération ».

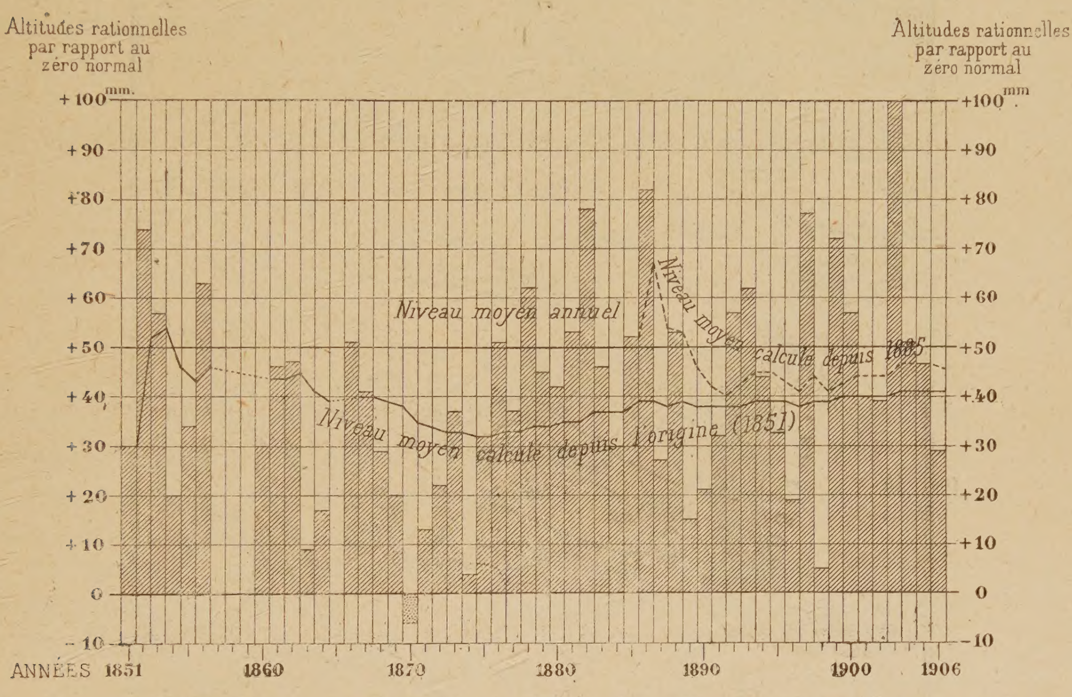


Fig. 1. — Variation du niveau moyen de l'Océan à Brest d'après le marégraphe établi dans ce port.

Cette constatation ruinait entièrement l'hypothèse d'un affaissement du sol, entre Marseille et Brest, dans l'intervalle des deux nivellements et, dès lors, rien n'autorisait plus à l'adopter pour expliquer les différences de hauteurs relevées, sur le reste du territoire, entre les deux opérations.

En 1898, j'ai présenté à l'Association géodésique internationale divers diagrammes, figurant les corrections à apporter aux altitudes Bourdalouë, pour mettre ces dernières en harmonie avec celles résultant du nouveau nivellement général. Parmi eux figure, notamment, le diagramme ci-après (*fig.* 2) ([2]), dont les courbes sont celles-là mêmes qui se trouvent exac-

([1]) *C. R. Assoc. géodés. internat.*, *Conférence de Paris*, 1889 (Annexe B, XVIII^b, p. 8).

([2]) Voir *C. R. Assoc. géodés. internat.*, *Conférence de Stuttgart*, 1898 (Annexe B, IV^b, p. 427, fig. 10).

tement reproduites dans la carte annexée à la Note de M. Schmidt et qui sont données par lui comme étant des « Lignes d'égal affaissement du sol



Fig. 2. — *Corrections d'après le nouveau nivellement général, des altitudes Bourdalouë rectifiées par le colonel Goulier.*

----- Lignes du nivellement de Bourdalouë.

——— Courbes d'égales discordances entre les altitudes des repères Bourdalouë, rectifiées par le colonel Goulier, et les altitudes orthométriques des mêmes repères, d'après le nouveau nivellement général.

Les cotes inscrites sur les courbes expriment, en centimètres, les corrections.

de la France », alors que, pour ma part, j'avais cru devoir, à propos, ajouter l'observation essentielle ci-après :

« L'importance de ces écarts dépasse très notablement celle des corrections orthométriques (maximum $0^m,10$) dont on n'avait pas tenu compte dans le calcul des altitudes anciennes; elle dépasse encore de beaucoup les résultantes de ces corrections, combinées avec les erreurs accidentelles de deux

nivellements et avec les erreurs systématiques du nouveau réseau. *Les discordances en question doivent donc être attribuées surtout à des erreurs systématiques* (¹) *affectant les opérations de Bourdalouë.* »

La même conclusion se trouve reproduite et confirmée, plus nettement encore, dans mes Rapports de 1900 (²) et de 1906 (³) à l'Association géodésique internationale.

Le simple exposé qui précède suffit à montrer avec quelle légèreté ont été présentées, comme vérités établies, de simples hypothèses, qu'une étude un peu plus attentive des faits eût montré n'être que de pures illusions.

GÉODÉSIE. — *Champ de gravitation extérieur, et densités internes.* Note de M. **Marcel Brillouin.**

1. Lorsque des masses newtoniennes sont toutes contenues à l'intérieur d'une surface fermée, on sait depuis longtemps que le champ de gravitation extérieur est entièrement déterminé si l'on connaît sur toute la surface, soit le potentiel, soit la composante normale de la force.

Cela implique que le même champ extérieur peut être obtenu par une infinité de distributions internes de la même masse totale.

Le champ de gravitation extérieur, seul accessible aux mesures, ne détermine que quelques caractères de la distribution des masses internes, mais laisse subsister une indétermination pour ainsi dire infinie.

C'est une propriété que les géodésiens, et surtout leurs lecteurs géologues, laissent un peu trop dans l'ombre, dans toutes les études modernes sur l'*isostasie.* Il en est de même des prospecteurs de mines qui utilisent les admirables appareils d'Eötvös.

En géodésie, l'intensité de la pesanteur correspond à la dérivée normale du potentiel, les déviations de la verticale équivalent à la connaissance du potentiel, sur l'ellipsoïde conventionnel de référence (partout très voisin de la surface de niveau réelle). Les dérivées secondes du potentiel, fournies par les appareils d'Eötvös et la balance de Jolly, précieuses pour les études

---

(¹) Comme exemple de telles erreurs, on peut citer celle de $0^{mm},26$ par mètre des mires de Bourdalouë, décelée, en 1906, sur la ligne de Modane au col du mont Cenis, dont l'altitude (2083^{m}) se trouvait, de ce chef, indûment diminuée de 26^{cm}. *C. R. Assoc. géodés. internat., Session de Budapest,* 1904 (Annexe A, XIV^{b}, p. 281).

(²) *C. R. Ass. géod. int., Conférence de Paris,* 1900 (Annexe A, V^{b}, p. 190).

(³) *C. R. Assoc. géodés. internat., Conférence de Budapest,* 1906 (vol. II, p. 75).

de détail, ne sont toujours que des grandeurs caractéristiques du champ extérieur de gravitation. Seules, ou combinées aux mesures géodésiques habituelles, elles ne font toujours connaître que le champ extérieur, et fournissent seulement des équations de contrôle, quand les mesures sont surabondantes pour déterminer ce champ.

Il me paraît donc utile d'insister sur cette propriété, et de montrer, en formules précises, quels renseignements les géodésiens peuvent fournir aux géologues sur l'intérieur du globe, et quel énorme degré d'indétermination subsiste inévitablement lorsqu'on ne fait appel qu'aux mesures géodésiques.

Pour lever, au moins partiellement, cette indétermination, on ne peut faire usage que de considérations en grande partie hypothétiques, soit d'ordre hydrodynamique, ou élastique, ou géologique. Il importe, à mon avis, que, au lieu de tout mêler, comme on fait dans les études d'isostasie, on sépare nettement les données précises fournies par la géodésie, des hypothèses arbitraires, non contrôlables, sur la constitution interne du globe.

2. Montrons d'abord avec évidence cette indétermination des densités internes.

On sait que le champ extérieur d'une couche sphérique uniforme est le même que si toute la masse était concentrée en son centre. Il en est de même d'une sphère pleine, dans laquelle la densité ne dépend que de la distance au centre. Si la masse totale de cette sphère est nulle, son champ extérieur est nul.

Cela rappelé, imaginons à l'intérieur d'une surface de forme quelconque, une distribution de densités quelconque. Nous pouvons, sans rien changer au champ extérieur, modifier prodigieusement la distribution des densités de la manière suivante :

Plaçons au hasard à l'intérieur de la surface un nombre quelconque de petites sphères isotropes de rayon fini, et chacune de masse totale nulle — sous la seule réserve que les densités négatives dans ces sphères ne soient pas trop grandes — de manière qu'aucune d'elles ne déborde hors de la surface.

L'addition de toutes ces sphères ne change *rien* au champ extérieur à la surface. Mais, par cette addition, la densité en chaque point — somme de la densité initiale et des densités apportées par les sphères additionnelles au même point — peut être prodigieusement changée, sans cesser d'être positive (condition nécessaire en gravitation).

Déplaçons ces sphères, ajoutons-en d'autres, aucune mesure géodésique

extérieure (triangulation, pesanteur, courbures) ne permettra de s'en apercevoir, tant que les modifications sont intérieures à la surface accessible aux mesures.

3. Étant donnée une surface de forme quelconque, supposons, pour abréger, que l'on connaisse les valeurs *compatibles* que prennent à sa surface le potentiel V_s et sa dérivée normale extérieure $\left(\frac{\partial V}{\partial n}\right)_s$. On peut, soit les avoir observées toutes deux, soit avoir déterminé V_s et en tirer $\left(\frac{\partial V}{\partial n}\right)_s$ en s'aidant de la fonction de Green pour cette surface, soit avoir déterminé $\left(\frac{\partial V}{\partial n}\right)_s$ et en tirer V_s à l'aide de la fonction de Green-Neumann.

Lorsqu'on connaît ces deux grandeurs, qu'en peut-on déduire pour l'intérieur? Tout ce que nous apprennent les lois de Newton, c'est que V est une fonction telle que V et $\frac{\partial V}{\partial n}$ soient continus à travers la surface; la densité ρ sera donnée par l'équation de Poisson

$$\rho = -\frac{1}{4\pi G}\Delta V,$$

en appelant G la constante de la gravitation universelle.

4. Soient u, v, w des coordonnées curvilignes telles que

$$w = w_s$$

soit l'équation de la surface S, et que, au moins au voisinage de cette surface, u et v soient normales à w. On aura alors

$$\left(\frac{\partial}{\partial n}\right)_s = \left(\frac{\partial}{\partial w}\right)_s \left(\frac{\partial w}{\partial n}\right)_s.$$

Les conditions de continuité sont satisfaites en prenant

$$V = \left\{ V_s(u, v) + \frac{w - w_s}{\left(\frac{\partial w}{\partial n}\right)_s}\left(\frac{\partial V}{\partial n}\right)_s(u, v) + \mathcal{F}(u, v, w)(w - w_s)^2 \right\},$$

en désignant par $\mathcal{F}$ une fonction entièrement arbitraire, sous la seule réserve que ni $\mathcal{F}$, ni $\left(\frac{\partial \mathcal{F}}{\partial w}\right)$ ne deviennent infinis pour $w = w_s$.

La connaissance extérieure du champ ne nous fournit *aucune* indication sur la fonction $\mathcal{F}$.

Tout ce qu'on peut savoir ainsi sur les densités internes, c'est donc qu'elles sont données par

$$\rho = -\frac{1}{4\pi G}\left\{\Delta V_S + \Delta\left[(w - w_S)\left(\frac{\partial V}{\partial n}\right)_S\right] + \Delta[\mathcal{F}(u, v, w)(w - w_S)^2]\right\},$$

et qu'elles doivent être partout positives.

Ainsi, pour notre globe, la première ligne seule est déterminée par la géodésie. La seconde ligne reste entièrement à la disposition des géologues pour toutes leurs spéculations tectoniques et orogéniques.

5. Écrivons ces conditions pour un globe sphérique, en coordonnées polaires r, λ, L, et posons

$$g = -\left(\frac{\partial V}{\partial n}\right)_S.$$

V_S et g_S sont supposés connus en fonction de la latitude λ et de la longitude L.

Avec ces coordonnées, il faut donner à $\mathcal{F}$ une forme telle que le potentiel et la force soient finis et déterminés à l'origine, qui n'est pas un point singulier physique.

On obtient ainsi

$$\begin{aligned} V = {} & V_S\left[1 - \frac{(R-r)^2(R+2r)}{R^3}\right] + g_S r\frac{(R-r)(2r-R)}{R^2} \\ & + V_0\frac{(R-r)^2(R+2r)}{R^3} \\ & + r\left(\frac{R-r}{R}\right)^2[V_1\cos L\cos\lambda + V_2\sin L\cos\lambda + V_3\sin\lambda] \\ & + r^2(R-r)^2\mathcal{G}(\lambda, L, r), \end{aligned}$$

où V_0, V_1, V_2, V_3 sont des constantes *arbitraires* finies, qui peuvent être nulles, et $\mathcal{G}$ est une fonction *arbitraire ;* ni $\mathcal{G}$ ni $\frac{\partial\mathcal{G}}{\partial r}$ ne peuvent devenir infinies soit au centre ($r = 0$), soit à la surface ($r = R$).

Pour écrire l'expression développée de la densité, posons

$$\delta = \frac{\partial^2}{\partial\lambda^2} + \operatorname{tang}\lambda\frac{\partial}{\partial\lambda} + \frac{1}{\cos^2\lambda}\frac{\partial^2}{\partial L^2},$$

ce qui donne

$$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{2}{r}\frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2}\delta;$$

il viendra

$$
\begin{aligned}
\rho = \frac{1}{4\pi G}\Bigg\{ & \left[1 - \frac{(R-r)^2(R+2r)}{R^3}\right]\frac{1}{r^2}\,\delta V_S \\
& + \frac{(R-r)(2r-R)}{R^2}\,\frac{1}{r}\,\delta g_S \\
& - V_S\, 6\,\frac{4r-3R}{R^3} + g_S\,\frac{18Rr - 24r^2 - 2R^2}{R^2 r} \\
& + V_0\, 6\,\frac{4r-3R}{R^3} \\
& + [V_1 \cos L \cos\lambda + V_2 \sin L \cos\lambda + V_3 \sin\lambda]\,\frac{2R^2 - 16Rr + 18r^2}{R^2 r} \\
& - \frac{2}{r}\left(\frac{R-r}{R}\right)^2 \frac{V_1 \cos L + V_2 \sin L}{\cos\lambda} \\
& + \mathcal{G}(\lambda, L, r)[6R^2 - 24Rr + 20r^2] \\
& + \frac{\partial\mathcal{G}}{\partial r}[4rR^2 - 12Rr^2 + 8r^3] \\
& \qquad + r^2(R-r)^2\,\Delta\mathcal{G}\Bigg\}.
\end{aligned}
$$

Dans cette expression générale, les trois premières lignes sont seules déterminées par les mesures géodésiques. Dans la quatrième, la constante arbitraire V_0 sera généralement supposée finie. Dans les deux lignes suivantes les constantes V_1, V_2, V_3 seront généralement supposées nulles par raison de symétrie; mais ce sont là des hypothèses. Enfin, dans les trois dernières lignes, il reste la fonction arbitraire $\mathcal{G}$.

Ce sont les trois premières lignes que les géodésiens devraient calculer, et fournir comme document précis aux méditations des géologues.

6. Avant de se lancer dans de laborieux calculs numériques sur les diverses formes d'isostasie, les géodésiens eux-mêmes auraient intérêt à ne pas oublier que la théorie de la gravitation, considérée seule, ne peut fournir aucun critérium permettant de préférer une hypothèse à une autre. Il vaudrait mieux montrer, que dissimuler à soi-même et aux autres, cette propriété fondamentale. Quelles que soient les distributions de la pesanteur et du potentiel, compatibles — soit tirées toutes deux de l'observation, soit déduites l'une de l'autre à l'aide des fonctions de Green ou des développements en fonctions sphériques — on peut toujours trouver une infinité de distributions de densités internes qui les représentent *rigoureusement* (*sans aucun résidu*).

C'est par des considérations qualitatives, tirées de propriétés de la matière autres que l'attraction newtonienne que l'on peut avoir une préfé-

rence pour telle ou telle hypothèse. Il faut énoncer clairement les raisons du choix auquel on s'arrête.

Insistons : Si l'on pouvait rassembler de bonnes mesures, très serrées, de pesanteur et de déviations de la verticale, le mieux serait de les employer telles quelles, sans aucune réduction.

La réduction au niveau de la mer ne s'impose que pour tirer un renseignement régional d'observations trop espacées, qui, sans correction, ne fournissent qu'un renseignement étroitement local. Le théorème s'applique rigoureusement aux données ainsi transformées, quelque principe qu'on ait adopté pour les réductions au niveau de la mer (le même pour la pesanteur et les déviations de la verticale) ; il ne peut fournir aucune raison numérique de préférer un mode de réduction à un autre.

7. Il reste donc à examiner, d'un point de vue physique, quelles sont les formes particulières de la fonction arbitraire qui présentent de l'intérêt, et à indiquer pour quelles raisons.

Il ne paraîtra raisonnable à personne de supposer tout simplement cette fonction nulle — les valeurs de V_s, g_s, δV_s, δg_s en un point de la surface détermineraient seules la densité sur toute la longueur du rayon, jusqu'au centre — il faudra donc proposer diverses hypothèses capables d'atténuer rapidement en profondeur l'influence de la surface; comparer ces hypothèses à celles de Pratt et d'Airy; former pour l'ellipsoïde de révolution, les équations analogues à celles écrites ici pour la sphère; adopter un type de correction, aussi simple que possible, capable de donner aux observations locales une valeur régionale, c'est-à-dire fonction linéaire des petites variations de λ et L dans une étendue de quelques kilomètres ou quelques myriamètres, suivant les cas; indiquer l'organisation des calculs, pour la meilleure utilisation des données actuelles, si irrégulièrement réparties à la surface du globe ; etc.

Tout ce travail exige des développements qui ne peuvent trouver place ici.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Autoxydation et action antioxygène* (XVI). *La propriété catalytique est localisée dans la partie oxydable de la molécule du catalyseur.* Note de MM. **Ch. Moureu, Ch. Dufraisse** et **P. Lotte.**

Dès notre première publication sur la catalyse d'autoxydation, où nous décrivions l'action antioxygène, nous avions souligné le fait très frappant que les catalyseurs antioxygènes, dans l'espèce les phénols, étaient des corps très oxydables, et cette remarque avait de bonne heure orienté nos études vers une théorie de ces actions catalytiques dont le fondement serait l'oxydabilité du catalyseur. Développant notre conception, nous sommes arrivés à la conclusion, d'une part, que l'oxydabilité était la propriété indispensable que devait posséder un corps B pour pouvoir prétendre à être catalyseur d'autoxydation [catalyseur positif (prooxygène) ou négatif (antioxygène)], et, d'autre part, que l'oxydabilité était peut-être une condition suffisante pour qu'un corps pût jouer, dans des conditions appropriées, ce rôle de catalyseur d'autoxydation, qui pourrait ainsi appartenir, d'une manière générale, à toute matière oxydable. De là nos nombreuses expériences, dans différentes directions, en vue d'étudier les relations entre l'oxydabilité des matières et leur pouvoir catalytique.

En fait, la plupart des corps oxydables (environ deux cents) dont nous avons recherché la propriété catalytique, bien que leur étude fût faite dans des conditions très spéciales [température ordinaire, éclairement faible, nombre relativement restreint de corps autoxydables auxquels on les opposait], ont exercé des actions catalytiques plus ou moins marquées.

Un point toutefois restait obscur. Nos catalyseurs étaient, en majeure partie, des corps organiques, c'est-à-dire des composés du carbone, et ceux-ci, hormis l'anhydride carbonique, sont tous, plus ou moins, oxydables. Or il est évident qu'on ne pouvait pas s'attendre, dans les conditions si particulières de leur étude, à trouver chez tous la propriété catalytique. Nous avions donc admis, implicitement, que les molécules organiques devaient se distinguer entre elles, à ce point de vue, par la présence ou l'absence de groupements oxydables dans les conditions de nos expériences.

Mais, comment connaître, et à quel signe, quels groupements présentent l'oxydabilité favorable.

Jusqu'à présent, faute de mieux, nous avons dû nous contenter d'analogies, et nous nous sommes réglés sur les groupements qui paraissaient le

plus sensibles aux actions oxydantes ordinaires. Mais, observons bien qu'il n'était possible d'avoir par là qu'une idée assez grossière de ce que pouvait être leur oxydabilité dans les conditions très spéciales de la catalyse d'autoxydation, à savoir, sous l'influence, admise par nous, du *peroxyde primaire* A[O^2]. En particulier, il ne fallait point s'attendre à voir les corps se ranger exactement, d'après l'intensité de leur activité catalytique, dans l'ordre même où les classait leur oxydabilité telle qu'elle ressortait de l'expérimentation courante. On pourrait même concevoir que tel corps, rebelle à l'oxydation par nos réactifs usuels, puisse, au contraire, réagir facilement, en raison de conditions appropriées de structure, sur le peroxyde A[O^2], et, par conséquent, jouir d'un intense pouvoir catalytique. N'oublions pas d'ailleurs que, même dans ce cas, l'oxydabilité (possibilité énergétique d'oxydation ou affinité) reste encore la condition nécessaire.

Si nous examinons la liste des catalyseurs que nous avons déjà présentés (pour ne faire état que de ceux-là; nous en présenterons d'autres prochainement), considérons, parmi les groupements ou atomes oxydables, l'oxhydryle phénolique, l'atome d'iode et l'atome de soufre. C'est à l'oxydabilité de ces atomes ou groupement que, sans hésitation, nous avons rapporté les actions catalytiques. Nous nous sommes naturellement efforcés, par la recherche de la propriété catalytique chez des corps variés qui en étaient porteurs, de prouver l'exactitude de notre supposition. Mais, en outre, une démonstration, en quelque sorte réciproque, devait être recherchée, consistant à annihiler dans la molécule l'oxydabilité de l'atome ou groupement présumé actif et à déterminer, d'après l'action de la nouvelle molécule obtenue, l'effet produit par le reste de la molécule demeuré intact. Comme on le voit, on devait ainsi, du même coup, localiser la propriété catalytique et démontrer qu'elle tenait bien à l'oxydabilité.

Un semblable résultat peut être atteint, pour les phénols, par éthérification. Nous savons que l'on réduit ainsi beaucoup la sensibilité de la molécule à l'oxydation : parallèlement, l'on constate la réduction, allant presque jusqu'à la suppression complète, du pouvoir catalytique. Citons, entre autres, l'hydroquinone et son éther monométhylique, qui sont des catalyseurs très actifs, tandis que l'éther diméthylique est sensiblement inerte.

L'on ne peut songer à un procédé analogue (alcoylation ou acidylation) lorsque l'activité est rapportée en propre à un atome déterminé, puisque, après comme avant l'éthérification, restera toujours oxydable pour son compte et, par conséquent, susceptible d'exercer une action catalytique.

Ainsi, par exemple, la propriété catalytique ne doit pas disparaître dans le passage d'un mercaptan R — SH à son sulfure R — S — R.

Dans ces cas, un procédé général, tout différent, peut être envisagé. On supprime l'oxydabilité de la partie active de la molécule, ici un atome spécial, en saturant ce dernier d'oxygène, l'oxydation étant faite de telle sorte que le reste de la molécule ne subisse aucune modification. Ledit atome ayant ainsi perdu son affinité pour l'oxygène, on se renseignera sur son activité par des essais de catalyse avec la nouvelle molécule. Si l'activité catalytique a disparu, comme le reste de la molécule n'a pas changé, on pourra légitimement conclure que c'était bien cet atome qui constituait la partie active de la molécule, d'une part, et, d'autre part, que c'était bien son oxydabilité qui lui conférait la propriété catalytique.

En pratique, la méthode semble peu propre, dans le cas de l'iode, à donner des résultats offrant toute sécurité, parce que les composés d'oxydation, qui sont instables, peuvent revenir trop aisément, sous l'action des réducteurs — et le milieu autoxydable est, par définition même, fortement réducteur — à des formes oxydables, donc actives pour la catalyse. Par contre, le même inconvénient n'existe pas pour le soufre.

Prenons, par exemple, un sulfure d'alcoyle R — S — R, dont la partie active sera donc l'atome de soufre. Saturons celui-ci d'oxygène, nous obtenons la sulfone $R - SO^2 - R$, dont la formation correspond à un stade très stable d'oxydation : on sait que les sulfones sont difficiles à réduire condition indispensable pour la réussite de l'expérience, et qu'inversement elles sont peu aptes à subir une oxydation plus avancée et, par suite, d'après notre théorie, à fonctionner comme catalyseurs d'autoxydation. Nous avons donc là des corps de choix pour une semblable étude. Avec les dérivés du soufre c'est la première fois que nous rencontrons une matière nous offrant une occasion favorable de vérifier notre théorie, et nous l'avons naturellement mise à profit.

Nos expériences ont porté, quant aux catalyseurs, sur des sulfures et des sulfones simples R — S — R et $R - SO^2 - R$: sulfures de méthyle, d'éthyle et de phényle, et sulfones correspondantes, sur un disulfure, le diéthylmercaptol de l'acétone $CH^3 - C(SC^2H^5)^2 - CH^3$, sur deux disulfones, le sulfonal $CH^3 - C(SO^2C^2H^5)^2 - CH^3$ et le trional $CH^3 - C(SO^2C^2H^5)^2 - C^2H^5$, et sur le sulfoxyde de diphényle $C^6H^5 - SO - C^6H^5$, et, quant aux corps autoxydables, sur les suivants : œnanthol, acroléine, benzaldéhyde, furfurol, styrolène, essence de térébenthine.

Dans les essais qui vont être décrits, nous avons pris soin de ne pas

mettre simultanément en expérience les sulfures et les sulfones correspondantes, bien que nous eussions à comparer leurs activités, parce que, les sulfures étant volatils, nous eussions risqué (l'accident nous est arrivé) d'empoisonner nos canalisations de verre et de fausser ainsi nos résultats. Les sulfones, comme d'ailleurs le sulfoxyde de diphényle, ont été expérimentées à part, avec des canalisations vierges de toute vapeur autre que celle du corps autoxydable sur lequel on opérait. D'où l'impossibilité qui en est résultée de comparer l'autoxydation de la substance, en présence de

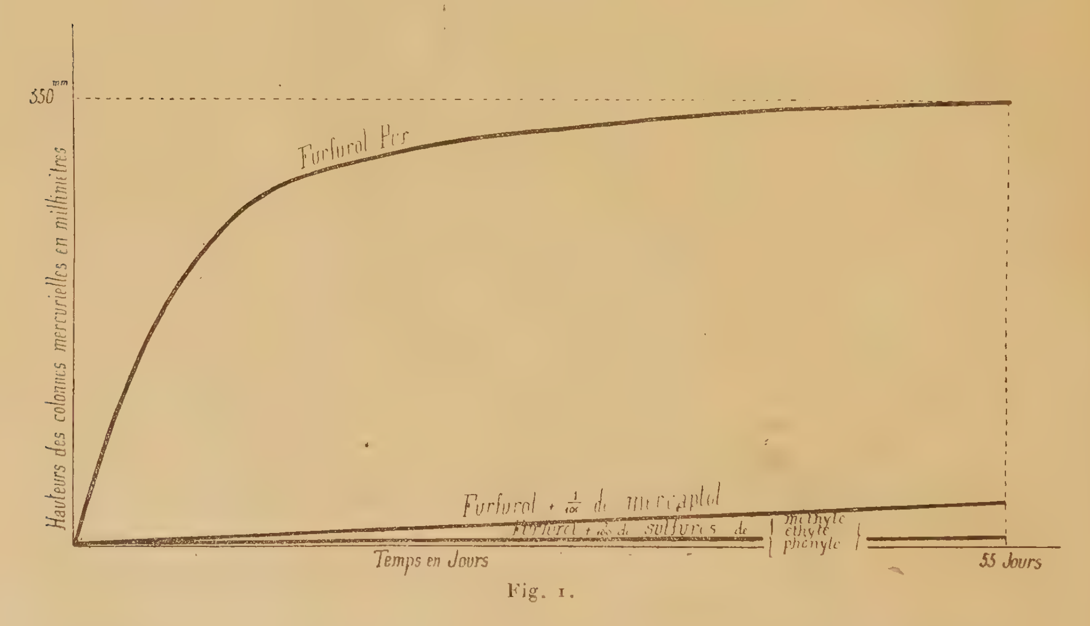


Fig. 1.

chaque sulfure et de sa sulfone, avec l'autoxydation d'un même échantillon témoin (exempt de catalyseur). Toutefois, étant donné que chaque expérience a été exécutée, comme nous le faisons toujours, avec un témoin, la comparaison de la marche de l'autoxydation dans les deux expériences (avec le sulfure et avec la sulfone), qui marquait de fortes différences, levait tout scrupule sur la confiance qu'on pouvait lui accorder.

Prenons, par exemple, du furfurol, et additionnons-le d'un centième des corps suivants : sulfures de méthyle, d'éthyle, de phényle, diéthylmercaptol de l'acétone. Les résultats observés sont traduits par les courbes ci-dessus (graphique n° 1). On voit que le témoin (furfurol pur, sans catalyseur) a fixé la presque totalité de l'oxygène qui lui était offert en une vingtaine de jours, tandis que le mercaptol ralentit considérablement l'oxydation et qu'avec les sulfures simples il n'y a sensiblement pas eu d'oxydation pendant les 70 jours qu'ont duré les observations.

Sur les graphiques n° 2 et n° 3 on pourra constater que l'effet produit sur l'oxydation du furfurol par les sulfones correspondant aux sulfures ci-dessus, mises en œuvre à la même dose (un centième), est très faible.

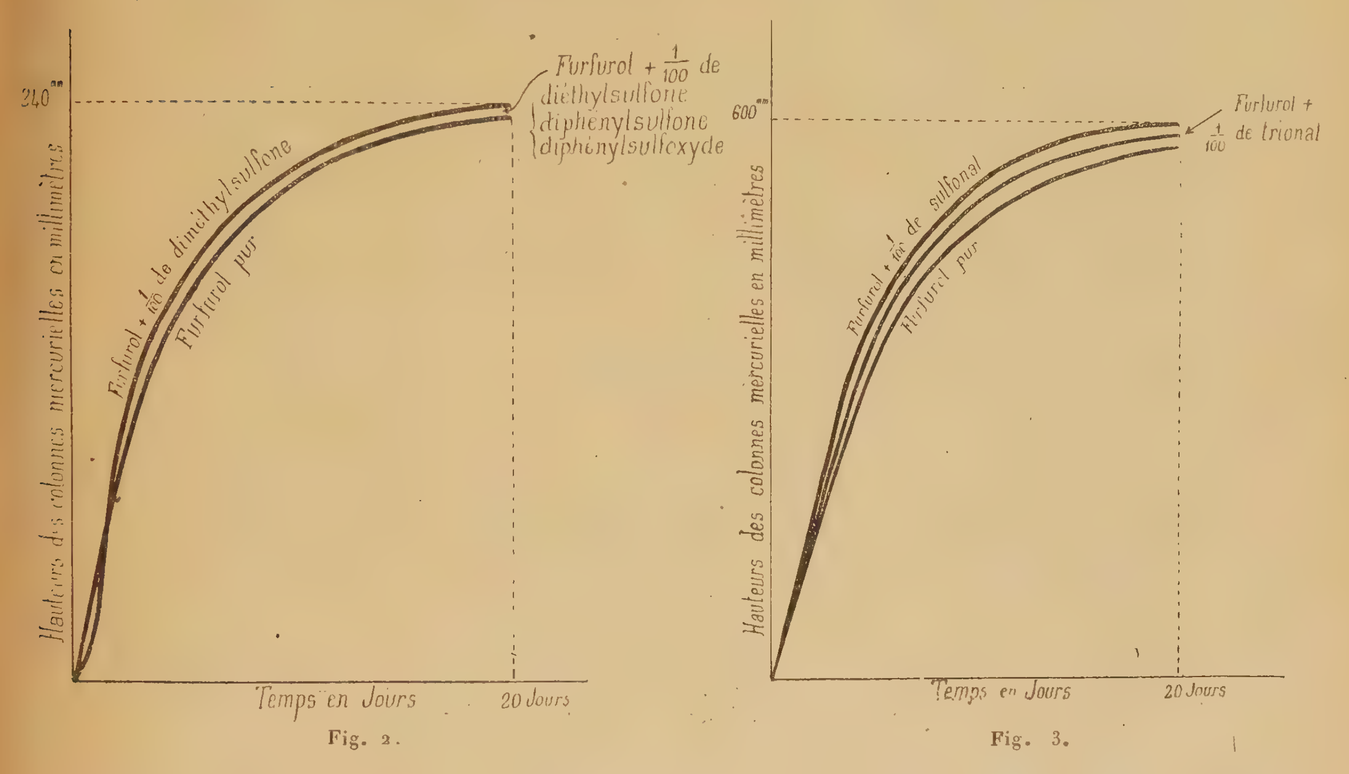


Fig. 2. Fig. 3.

Cette inactivité des sulfones a été confirmée par celle du trional (graphique n° 3). Le sulfoxyde de phényle a également été trouvé inactif.

Comme on le voit, nous avons considérablement abaissé, sinon annulé, le pouvoir catalytique, vis-à-vis du furfurol, des composés du soufre, en oxydant l'atome de soufre.

Nous avons fait des observations analogues en opposant les mêmes corps aux autres substances autoxydables indiquées plus haut.

Mentionnons simplement les particularités qu'a présentées le cas de l'acroléine. Alors que le sulfure de méthyle, et surtout le sulfure d'éthyle, on se le rappelle, agissent comme catalyseurs positifs, ce disulfure spécial qu'est le diéthylmercaptol de l'acétone, au contraire, est un catalyseur négatif assez actif à la dose du centième (pas d'oxydation appréciable pendant quatre jours). La diéthylsulfone et la diméthylsulfone ont manifesté une très légère action ralentissante, tandis que le sulfonal et le trional sont

pratiquement inactifs. Ainsi, l'acroléine nous fournit un exemple de deux catalyses inverses, positive (prooxygène) et négative (antioxygène), où les actions sont sensiblement annulées par le passage de la fonction sulfure à la fonction sulfone. L'effet produit par l'oxydation du soufre de la molécule du catalyseur ne dépend donc pas du signe de la catalyse observée.

On voit, *en résumé*, que, si l'on observe un pouvoir catalytique intense, positif aussi bien que négatif, chez un corps renfermant le groupement R — S — R′, où R et R′ représentent des restes alcoylés ou arylés simples, le pouvoir catalytique sera considérablement diminué, sinon annihilé, par l'oxydation de ce sulfure en sa sulfone $R - SO^2 - R'$. C'est donc bien sur l'atome de soufre qu'est localisée la propriété catalytique de la molécule, et c'est bien, en outre, à l'oxydabilité de cet atome qu'en accord avec notre théorie doit être rapportée ladite propriété [1], puisque, quand on supprime l'oxydabilité, on supprime du coup l'activité catalytique.

Ainsi donc, dans un cas bien délimité, celui du soufre, nous avons pu établir avec certitude une *relation de causalité entre l'oxydabilité et la propriété catalytique,* positive ou négative, pour l'autoxydation. Nos exemples ont été pris un peu au hasard, et il n'y a pas lieu de leur supposer un caractère exceptionnel. Des démonstrations semblables doivent être possibles non seulement avec d'autres composés du soufre, mais aussi avec d'autres molécules devant leur propriété catalytique à un autre atome oxydable que le soufre. Nous avons d'ailleurs en cours des expériences qui nous fourniront l'occasion d'apporter encore de nouveaux faits analogues. Mais, d'ores et déjà, nous considérons que les preuves expérimentales que nous venons de donner établissent d'une manière définitive la valeur des arguments de divers ordres que nous avons précédemment produits à l'appui de notre théorie de la catalyse d'autoxydation. Cette théorie se présente donc comme un guide vraiment utile pour l'expérimentation.

---

[1] Si nous nous en tenons à nos expériences sur le sulfoxyde de diphényle, la fonction sulfoxyde semble elle-même peu active. Malgré qu'elle ne représente pas le degré de saturation complète du soufre, son stade d'oxydation, tout au moins pour le phénomène qui nous intéresse ici, paraît très stable.

CHIMIE PATHOLOGIQUE. — *Hémoclasie digestive et variations provoquées du tonus neuro-végétatif.* Note de MM. **F. Widal**, **P. Abrami**, **Diaconescu** et **Gruber**.

Dans une Note précédente, nous avons montré qu'il n'existait aucun rapport obligé entre les résultats de l'épreuve de l'hémoclasie digestive et l'état du tonus au moment où se pratique cette épreuve. Nous avons fait voir, en effet, que l'hémoclasie digestive peut s'observer — et c'est d'ailleurs le cas le plus fréquent — chez des hépatiques qui ne sont pas vagotoniques, et qu'inversement, elle peut faire défaut chez des vagotoniques dont le foie est normal.

Poussant plus loin l'étude de ces rapports entre l'insuffisance protéopexique du foie et de l'état du tonus neuro-végétatif, nous nous sommes demandé s'il était possible de faire varier les résultats de l'épreuve de l'hémoclasie digestive, en provoquant expérimentalement un changement dans l'état du tonus.

A cet effet, nous avons choisi deux lots de sujets, les uns franchement vagotoniques, les autres à tonus indifférent ou à « tendance vagotonique », tous sujets hépatiques et chez lesquels l'épreuve de l'hémoclasie digestive était nettement positive.

Nous avons alors soumis ces malades, maintenus à jeun depuis la veille au soir, à l'injection sous-cutanée soit de sulfate d'atropine soit d'adrénaline, de façon à créer chez ceux en état de sympathico-tonus temporaire, et nous avons répété à ce moment la recherche de l'hémoclasie digestive.

Dans une première série de six cas (comprenant deux vagotoniques et deux sujets à tonus indifférent), il nous fut impossible de tirer de conclusions de cette expérience, pour une raison qui mérite d'être notée. A elle seule en effet, l'injection soit d'atropine, soit d'adrénaline provoqua chez ces sujets des modifications importantes et durables de la leucocytose rendant illusoire la recherche de l'hémoclasie digestive. C'est ainsi que chez trois de ces malades, l'atropine a fait apparaître, dans les dix minutes qui suivirent son injection, une leucopenie des plus nettes qui persista pendant plus d'une heure. Chez les six sujets de cette série, l'adrénaline, au contraire, détermina une hyperleucocytose intense, élevant le chiffre des globules blancs de deux, trois et même parfois quatre fois son taux initial. Il est significatif de constater que deux substances, dont l'action pharmacodynamique sur le tonus s'exerce finalement dans le même sens, ont sur la

leucocytose périphérique une action inverse, la première créant la leucopenie, la seconde l'hyperleucocytose.

Dans la seconde série de cas, comportant un sujet vagotonique et six à tonus tendant à la vagotonie (deux cas d'ictère catarrhal, deux cas de foie cardiaque, deux d'hépatite alcoolique, une cholécystite calculeuse, l'injection soit de 1^{mg} d'adrénaline, soit de 1 à 2^{mg} d'atropine a provoqué un état de sympathicotonie nette, tachycardie et invasion du réflexe oculocardiaque, sans qu'on observât de modifications de la leucocytose.

Répétant alors chez ces sujets la recherche de l'hémoclasie digestive, une demi-heure après l'administration du médicament, nous avons constamment observé la persistance de cette hémoclasie positive, quand les malades étaient spontanément vagotoniques ou à tonus indifférent, l'épreuve restait positive, lorsqu'on les avait artificiellement rendus sympathicotoniques.

Ces faits nous paraissent suffisamment démonstratifs. Ils s'ajoutent à ceux que nous avons rapportés dans notre précédente Note pour établir qu'il ne saurait y avoir de corrélation obligée entre l'état du tonus neurovégétatif d'une part et les résultats de l'épreuve de l'hémoclasie digestive d'autre part.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la sélection acoustique en radiogoniométrie.* Note de M. André Blondel.

Dans divers travaux antérieurs, j'ai indiqué les méthodes aujourd'hui utilisées pour prendre des relèvements au moyen d'ondes hertziennes [1] et pour réaliser les postes à émissions musicales et à manipulation automatique [2].

A la suite d'un programme proposé en 1918 par une commission interministérielle formée de mon confrère et ami le général Ferrié et de moimême, et tenant compte des progrès réalisés pendant la guerre, le Service des Phares français poursuit la transformation des anciens radiophares de 125^{m} de longueur d'onde à étincelles musicales précédemment installés en 1912-1913 en radiophares de 1000^{m} de longueur d'onde à ondes entre-

---

(1) Cf. Brevet belge du 28 mai 1902 et *Congrès d'Angers de l'Association française*, 1923, p. 327.

(2) Cf. A. Blondel, Brevets américains nos 783923, 783992 et 824682 de 1900, et *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 371.

tenues modulées. Un premier poste de ce genre a été mis en service en 1923 au phare de Gris-Nez et réalise avec 100 watts environ dans l'antenne une portée de plus de 60 milles sur radiogoniomètre; les ondes entretenues sont modulées sur la note Ut_5; le signal caractéristique émis par le manipulateur automatique comprend l'émission de la lettre G pendant 15 secondes, suivie pendant 30 secondes d'une émission de traits longs et pendant 15 secondes d'une émission de lettres G et enfin un silence de 30 secondes (1).

La France est ainsi le premier pays qui ait réalisé des radiophares à ondes entretenues modulées; ce type d'onde donne autant de précision pour la radiogoniométrie que les ondes amorties musicales, tout en évitant les inconvénients de ces dernières.

Mais le développement prochain des radiophares menace de soulever une autre difficulté parce que les radiogoniomètres recevront simultanément plusieurs émissions sur l'onde de 1000m, imposée aux radiophares, et qu'en temps de brume, les signaux sont répétés constamment à des intervalles assez rapprochés. Le navigateur qui écoute plusieurs radiophares

(1) Une caractéristique intéressante de la construction de ce poste, c'est qu'on y emploie l'alimentation directe des triodes en courant alternatif de fréquence 1025 environ par un alternateur et un transformateur, ce qui réduit le matériel à une très grande simplicité, rendue nécessaire par l'emploi d'un personnel non spécialisé. Après différents tâtonnements, j'ai reconnu que la méthode la plus simple était de laisser passer dans les triodes une seule des deux alternances du courant alternatif. Ce mode d'alimentation donne, contrairement à ce qu'on pourrait croire, une pureté de son parfaite. La pureté de l'onde de haute fréquence est inférieure, il est vrai, à celle qu'on obtient par une alimentation en courant continu, par suite du fait que la tension de grille et de plaque varie dans de grandes limites pendant chaque alternance et qu'au cours de cette variation, l'oscillation du courant sur la caractéristique plaque-grille se fait assez longtemps dans les parties courbes de cette caractéristique. Ce défaut n'est que faiblement diminué si l'on utilise en montage (que nous avons essayé concurremment) utilisant les deux alternances à l'aide d'un montage en pont de Wheatstone. J'ai ainsi été conduit à ajouter entre les triodes et l'antenne un circuit de résonance agissant par induction sur le circuit-antenne afin d'éliminer les harmoniques 2 et 3 correspondant respectivement aux longueurs d'onde de 500 et 333m et susceptibles de produire des brouillages avec les ondes employées par d'autres Services importants : Navigation, Aviation, Bateaux de pêche, etc. A ce point de vue, l'emploi des ondes entretenues modulées pour les radiophares a réalisé un progrès considérable par rapport à l'emploi des ondes amorties musicales encore utilisées aujourd'hui dans les autres pays et qui, dans un essai fait en 1902 au radiophare de Gris-Nez, produisait des brouillages violents et inacceptables pour tous les autres Services intéressés.

subit une gêne d'autant plus grande que les directions de ces derniers sont plus voisines. Les remèdes possibles sont variés, comme on va l'exposer.

1. On atténue cette difficulté en donnant, comme je l'ai exposé antérieurement ([1]), des tonalités nettement différentes aux émissions musicales voisines; et en réalisant une sélection à l'aide de monotéléphones ou de relais sélectifs ([2]); mais le réglage mécanique des monotéléphones est un peu délicat, en cours d'écoute.

2. Il est préférable de rendre le système sélectif, par résonance électrique d'un circuit téléphonique ([1]). Il faut alors employer un téléphone ayant une self-induction aussi élevée que possible par rapport à la résistance ohmique et en réduire l'amortissement par différents artifices (feuilletage des noyaux inducteurs, membrane vibrante en cristal ou en mica, portant au centre une tôle mince fragmentée pour éviter les courants de Foucault), utiliser un transformateur présentant lui-même très peu de perte et mis en série avec un condensateur réglable de bonne qualité. La résonance reste peu aiguë.

3. Grâce à l'invention du Lee de Forest on peut désormais la rendre plus précise en construisant d'une manière spéciale les étages basse fréquence de l'amplificateur à lampes, par exemple l'amplificateur 3 *ter* de la Télégraphie Militaire qui est associé maintenant à tout radiogoniomètre; il suffit d'ajouter en dérivation sur l'un des circuits du transformateur de la bobine de self qui le remplace, un condensateur réglable; la self elle-même peut être réglable; mais, ainsi que je l'ai montré déjà ([3]), à propos de la sélection des harmoniques par les oscillographes de résonance, on obtient la meilleure acuité de résonance en faisant travailler une self-induction fixe aussi élevée que possible, en parallèle avec une capacité variable; en particulier, on peut prendre, comme je l'ai indiqué, une self-induction sans fer ou avec noyau de fer ouvert, en ayant soin que le rapport $\frac{\Omega L}{R}$ de la réactance à la résistance soit grand (au moins 5 pour la fréquence 50), avec un condensateur divisé en décades.

La vitesse de pulsation ω correspondant aux fréquences musicales de

([1]) Cf. *Comptes rendus*, 130, 1900, p. 1383. J'ai fait connaître en 1911, *Comptes rendus*, 125, 1911, p. 1571, une application de cette résonance électrique pour la sélection des signaux acoustiques sous-marins reçus par microphones et notamment pour la réception des cloches sous-marines.

([2]) Le monotéléphone à lame vibrante de longueur réglable que j'ai fait exécuter à cette époque et qui a été essayé en particulier par les Services de la Télégraphie militaire, est décrit ailleurs : Brevet belge n° 16974 du 15 avril 1903.

([3]) *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 164.

300 à 1200 qui peuvent être utilisées dans les radiophares pourra varier pratiquement entre 1800 et 7200. Pour que 1 microfarad suffise à la plus basse fréquence, on sera conduit à prendre L au moins égal à

$$\frac{1}{(1,8)^2} = 0,31 \text{ henry}.$$

A la fréquence la plus élevée, $\omega = 7200$, la capacité qui donne la résonance sur la même self-induction sera réduite à $\frac{1}{16} = 0,067$ microfarad. Un réglage fin exigera donc un procédé permettant de faire varier la capacité par centièmes de microfarad ; mais on peut munir la bobine de self de plusieurs plots de prise permettant de lui donner une valeur quatre fois plus faible, par exemple, pour les hautes fréquences musicales que pour les basses fréquences. La bobine de self peut constituer le primaire ou le secondaire du transformateur qui alimente le téléphone, ou mieux être branché en dérivation aux bornes du téléphone ([1]).

L'onde de 1000^{m} lorsqu'elle est modulée sinusoïdalement à la fréquence moyenne de 900 équivaut à la production simultanée de deux ondes entretenues de 997 et 1003^{m}; c'est-à-dire ne différant entre elles que de 3 pour 1000; un récepteur à résonance convenablement sélectif peut donc se protéger presque aussi facilement contre le brouillage que s'il s'agissait d'une onde entretenue pure de 1000^{m} ([2]), ce qui d'ailleurs a été constaté au cours de différents essais. La zone de brouillage sera un peu plus grande pour les ondes de fréquence musicale plus élevée, mais on n'a guère d'occasion de produire des fréquences supérieures à 1500 périodes par seconde.

La zone de brouillage est un peu plus grande quand la modulation est faite sur la plaque et n'est pas sinusoïdale, mais on peut le réduire,

---

([1]) Bien entendu on peut employer également une self-induction variable en forme de variomètre avec une bobine formée de deux parties télescopant l'une dans l'autre ou avec un noyau de fer déplaçable ; l'expérience des postes de réception usuels semble montrer que les réglages se font plus facilement à l'aide de manettes tournantes, comme celles des rhéostats à plots avec des variomètres ou des condensateurs réglables.

On peut ainsi constituer l'étage de résonance comme des hétérodynes à fréquence musicale utilisés pour les essais des téléphones.

([2]) Il convient de remarquer en passant que les récepteurs d'anciens modèles ne sont pas assez sélectifs en haute fréquence et sont brouillés par les ondes entretenues modulées sur une plage assez étendue. Il paraît désirable qu'ils soient remplacés progressivement par des récepteurs à résonance permettant une sélection plus aiguë.

comme on l'a vu plus haut, par un circuit oscillant intermédiaire [1].

4. On a proposé de faire émettre par les radiophares des ondes entretenues pures; cette solution ne paraît pas très pratique, pour les raisons suivantes :

L'emploi de postes de radiogoniométrie à hétérodyne serait plus délicat que celui des postes récepteurs simples.

Les radiophares voisins seraient forcément confondus entre eux, s'ils sont bien réglés tous sur la longueur d'onde unique de 1000^m; pour pouvoir les différencier, il faudrait remplacer cette longueur d'onde unique par 3 ou 4 longueurs d'onde, telles que 980, 1020 et 1040^m; il en résulterait immédiatement un accroissement des zones de brouillage plus grand que celui dû à la modulation.

Enfin, il faudrait maintenir dans chaque établissement un réglage extrêmement précis de la longueur d'onde, pour être sûr qu'elle ne puisse être confondue avec celle d'un radiophare voisin.

5. On peut éviter que les émissions soient simultanées en les réglant dans chaque poste émetteur par un manipulateur automatique, actionné par la mise en marche à des heures décalées, les unes par rapport aux autres, au moyen d'horloges convenablement réglées. Nous avons entrepris récemment des expériences qui ont montré la commodité de cette solution et sa simplicité relative; une même horloge peut provoquer alternativement, suivant les heures, des émissions de grande portée (pour le grand atterrissage) et des émissions de faible portée en cas de brume.

En résumé, l'écoute au radiogoniomètre d'émissions faites en ondes entretenues modulées par plusieurs postes entendus simultanément peut être grandement facilitée non seulement par un décalage automatique entre les diverses émissions, mais encore par le réglage en résonance musicale d'un ou plusieurs étages de l'amplification en basse fréquence du poste récepteur.

---

(1) La difficulté est beaucoup plus grande quand on emploie, comme on le fait en Angleterre, des ondes entretenues découpées, parce que les fermetures et interruption brusque du courant de plaque produisent l'excitation par choc des récepteurs; pour cette raison, les ondes des radiophares devraient être uniquement des ondes entretenues modulées et non pas découpées.

PHYSIQUE. — *Le diamètre rectiligne de l'hélium.* Note de MM. **E. Mathias, C.-A. Crommelin, H. Kamerlingh Onnes** et **J.-C. Swallow.**

1. Nos recherches sur la courbe des densités et le diamètre de l'hélium s'étendent entre le point critique de ce corps (5°,19 K.) et son point d'ébullition (4°,22 K.). Elles forment la suite de nos déterminations du même ordre relatives à l'oxygène, à l'argon, à l'azote, à l'hydrogène et au néon ([1]).

2. Nous avons fait usage d'un cryostat à hélium liquide, dans lequel ce corps bout sous une pression plus grande que la pression atmosphérique. On peut atteindre ainsi, sans danger pour les appareils, le point critique de l'hélium parce que la pression critique n'est que de $2^{atm},26$.

La température a été déterminée au moyen de la courbe des tensions de vapeur, la mesure des pressions ne présentant aucune difficulté.

L'hélium expérimenté provenait de l'évaporation d'une grande quantité d'hélium liquide, et pouvait être considéré comme absolument pur.

Nous avons admis pour le poids du litre d'hélium dans les conditions normales le nombre de Ramsay et Travers : $0^g,1787$.

3. Dans le tableau suivant, nous avons réuni les nombres trouvés pour les densités δ et δ' du liquide et de la vapeur saturée à la même température θ (échelle thermodynamique) et pour l'ordonnée y du diamètre.

Nous y avons ajouté quelques densités de liquide au-dessus et au-dessous du point d'ébullition déterminées par M. Boks et l'un de nous (H. K. O.) ([2]), lesquelles ont dû subir une légère correction qui a respecté leurs valeurs relatives parce que le volume normal avait laissé quelque peu à désirer :

([1]) Voir *Comptes rendus*, 151, 1910, p. 213 et 474; 156, 1913, p. 129; 160, 1915, p. 237; 172, 1921, p. 261; 175, 1922, p. 933.

([2]) *IVe Congrès international du Froid. Travaux de la première Commission internationale*, p. 215; *Comm. Leiden*, n° 170 *b*; J.-D.-A. Boks, *Thèse*, Leiden, juillet 1924.

θ degrés C.	T degrés K.	δ (obs.).	δ′ (obs.).	y (obs.).	y (calc.).	y (obs.) — y (calc.). Différence absolue.	Différence pour 100.
—268°,38	4°,71	0,1139 (1)	0,02699 (1)	$0,0704^5$	$0,0701^5$	+0,0003	+0,43
268,50	4,59	0,1165 (1)	0,02389 (1)	0,0702	$0,0703^4$	$—0,0001^5$	—0,21
268,86	4,23	0,1253 (1)	0,01637 (1)	$0,0708^5$	0,0710	$—0,0002^5$	—0,21
268,87	4,22	0,1255 (2)	0,01618	$0,0708^5$	0,0710	$—0,0002^5$	—0,21
269,19	3,90	0,1311 (2)	0,01176	$0,0714^5$	$0,0715^5$	—0,0001	—0,14
269,79	3,30	0,1395 (2)	0,06435	$0,0729^5$	$0,0726^5$	+0,0003	+0,41
270,53	2,56	0,1457 (2)	0,02079	0,0739	$0,0739^5$	$—0,0000^5$	—0,07
270,72	2,37	0,1466 (2)	0,01368	0,0740	$0,0742^7$	$—0,0002^7$	—0,36
270,79	2,30	0,1469 (2)	0,01159	$0,0740^5$	»	»	»

Les densités de vapeur saturée correspondant aux densités de liquide de K. Onnes et Boks ont été calculées par la formule

$$\delta' = \frac{kp}{\mathcal{A}_A \{ 1 + B^{(p)} p + C^{(p)} p^2 \}},$$

dans laquelle :

k est le poids d'un centimètre cube d'hélium dans les conditions normales ;

p est la tension de vapeur en atmosphères internationales ;

$B^{(p)}$ et $C^{(p)}$ sont les coefficients de l'équation d'état empirique

$$p v_A = \mathcal{A}_A \{ 1 + B^{(p)} p + C^{(p)} p^2 + \mathfrak{D}^{(p)} p^3 + \ldots \}.$$

Les valeurs de $B^{(p)}$ et de $C^{(p)}$ ont été calculées au moyen des isothermes de l'hélium, aux températures de l'hélium liquide, de K. Onnes et Boks (*loc. cit.*).

En calculant la formule linéaire du diamètre par les moindres carrés, nous avons par prudence laissé de côté les valeurs relatives aux températures de 2°,30 et 2°,37 K. La branche relative aux densités de liquide présentant son maximum dans cette région, on devait penser que la formule linéaire du diamètre n'était plus applicable dans cette région. Toutefois, à 2°,37 K., la différence entre les valeurs observées et calculées du diamètre demeure encore acceptable.

La formule du diamètre rectiligne est

$$y = -0,40263 - 0,0017616\,\theta.$$

---

(1) Nombres déterminés par Mathias, Crommelin, K. Onnes et Swallow.

(2) Nombres déterminés par K. Onnes et Boks.

Le coefficient angulaire est donc, en valeur absolue,

$$\alpha = 0{,}0017616.$$

La formule précédente donne pour la densité critique, à la température critique $-267°{,}90$ C. ($5°{,}19$ K.),

$$\Delta = 0{,}06930.$$

Le coefficient critique est, en appelant Θ la température critique absolue, π la pression critique et R la constante des gaz, pour l'hélium,

$$\frac{R\Theta\Delta}{\pi} = 3{,}270,$$

valeur très voisine de celle de l'hydrogène (3,276).

4. Les déviations du diamètre rectiligne sont petites, quoiqu'un peu plus grandes que celles qui se rapportent à l'hydrogène et au néon. Dans ces limites, on peut dire que l'*hélium obéit à la loi du diamètre rectiligne* de la même manière que les autres corps.

Les expériences ont été faites à l'aide de la subvention accordée par la Caisse des Recherches, et pour laquelle nous lui exprimons notre vive gratitude.

M. **Ch. Moureu** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. F.-M. Jaeger, intitulé : *Le principe de symétrie et ses applications*, traduit de l'anglais par Pierre Gérald et Jean Chevrier, pour lequel il a écrit une *Préface*.

ÉLECTIONS.

Par l'unanimité de 44 suffrages, M. **Henneguy** est élu membre du Conseil de perfectionnement de l'*Institut de biologie maritime* de la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.

CORRESPONDANCE.

M. **Dukinfield Henry Scott**, élu Correspondant pour la Section de Botanique, adresse des remercîments à l'Académie.

M. E. Fleurent prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'Économie rurale, par le décès de M. *L. Maquenne.*

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Joseph Sanson. *La prévision du temps en agriculture.* (Présenté par M. G. Bigourdan.)

2° *La Mécanique nouvelle démontrée par les principes classiques. Interprétation et transformation des équations de Lorentz et d'Einstein,* par Paul Dupont. (Présenté par M. L. Lecornu.)

3° Institut international de Chimie Solvay. *Premier Conseil de Chimie tenu à Bruxelles du* 21 *au* 27 *avril* 1922. *Rapports et discussions sur cinq questions d'actualité.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions hyperharmoniques.* Note de M. Ladislas Nikliborc, présentée par M. Hadamard.

On sait qu'une fonction $u(x_1, y_1, x_2, y_2)$ qui peut être regardée comme la partie réelle d'une fonction analytique $f(z_1, z_2)$ $[z_k = x_k + iy_k, k = 1, 2]$, satisfait aux quatre équations

$$(1)\quad \begin{cases} \Delta_k u = \dfrac{\partial^2 u}{\partial x_k^2} + \dfrac{\partial^2 u}{\partial y_k^2} = 0 & (k = 1, 2), \\ \Delta_3 u = \dfrac{\partial^2 u}{\partial x_1\, \partial x_2} + \dfrac{\partial^2 u}{\partial y_1\, \partial y_2} = 0, \\ \Delta_4 u = \dfrac{\partial^2 u}{\partial x_1\, \partial y_2} - \dfrac{\partial^2 u}{\partial x_2\, \partial y_1} = 0. \end{cases}$$

La réciproque est d'ailleurs vraie. Nous appellerons *fonction hyperharmonique*, toute fonction satisfaisant aux équations (1). Poincaré, dans des Mémoires célèbres [1], a attiré l'attention sur le système précédent et les fonctions hyperharmoniques, auxquelles il a étendu le théorème de Mittag-Leffler ainsi que les premiers principes relatifs au problème de Dirichlet.

---

[1] *Acta mathematica*, 2, 1883, p. 99; 22, 1898, p. 112.

Nous avons repris cette étude et nous exposons ici quelques-uns des résultats obtenus.

1. Considérons les plans des deux variables complexes z_1 et z_2. Traçons dans ces plans deux cercles (K_1) et (K_2) et envisageons l' « hypersphéroïde » (T_H) constitué par les points (x_1, y_1, x_2, y_2), tel que le point (x_k, y_k) soit situé dans le cercle (K_k) $(k = 1, 2)$. C'est un domaine à quatre dimensions. Si l'on choisit à la fois (x_1, y_1) sur la circonférence de (K_1) et (x_2, y_2) sur la circonférence de (K_2), on obtient une variété à deux dimensions, constituant une partie de la frontière de l'ensemble (T_H), qui s'appellera contour de l'hypersphéroïde.

Les quantités r_1, φ_1, r_2, φ_2 liées à x_1, y_1, x_2, y_2 par les relations

$$z_k = r_k e^{i\varphi_k} \qquad (k = 1, 2)$$

porteront le nom de « coordonnées hypersphéroïdales » du point (x_1, y_1, x_2, y_2).

2. Écrivons les équations (1) en coordonnées hypersphéroïdales. On obtient

$$(2)\quad \begin{cases} \Delta_k u = \dfrac{\partial^2 u}{\partial r_k^2} + \dfrac{1}{r_k}\dfrac{\partial u}{\partial r_k} + \dfrac{1}{r_k^2}\dfrac{\partial^2 u}{\partial \varphi_k^2} \qquad (k = 1, 2), \\ \Delta_3 u = \nabla_1 u \cos(\varphi_1 - \varphi_2) + \nabla_2 u \sin(\varphi_1 - \varphi_2), \\ \Delta_4 u = \nabla_1 u \sin(\varphi_1 - \varphi_2) - \nabla_2 u \cos(\varphi_1 - \varphi_2), \end{cases}$$

où

$$(3)\quad \nabla_1 u = \frac{\partial^2 u}{\partial r_1\, \partial r_2} + \frac{1}{r_1 r_2}\frac{\partial^2 u}{\partial \varphi_1\, \partial \varphi_2}, \qquad \nabla_2 u = \frac{1}{r_1}\frac{\partial^2 u}{\partial \varphi_1\, \partial r_2} - \frac{1}{r_2}\frac{\partial^2 u}{\partial r_1\, \partial \varphi_2}.$$

Cela implique le théorème :

« Pour que la fonction $u(r_1, \varphi_1, r_2, \varphi_2)$ soit hyperharmonique, il faut et il suffit que l'on ait

$$(4)\quad \Delta_1 u = \Delta_2 u = \nabla_1 u = \nabla_2 u = 0. \text{ »}$$

3. Soit maintenant $f(z_1, z_2)$ une fonction analytique régulière dans un domaine comprenant à son intérieur l'hypersphéroïde (T_H), défini par les cercles

$$|z_1| = R_1 \qquad \text{et} \qquad |z_2| = R_2.$$

On a, pour la partie réelle $u(r_1, r_2, \varphi_1, \varphi_2)$ de la fonction $f(z_1, z_2)$, la formule

$$(5)\quad u(r_1, \varphi_1, r_2, \varphi_2) = \frac{1}{4\pi^2}\int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi} u(R_1, \theta_1, R_2, \theta_2)\, H_1 H_2\, d\theta_1\, d\theta_2,$$

où

$$(6) \qquad H_k = \frac{R_k^2 - R_k^2}{R_k^2 - 2R_k r_k \cos(\varphi_k - \theta_k) + r_k^2} \qquad (k = 1, 2),$$

et le point $(r_1, \varphi_1, r_2, \varphi_2)$ étant pris à l'intérieur de (T_H).

Nous réserverons pour l'intégrale (5) le nom d' « intégrale de Poisson pour les fonctions hyperharmoniques ».

4. On peut maintenant poser le problème réciproque suivant :

« Une fonction $f(\theta_1, \theta_2)$ étant intégrable ou bien continue, l'intégrale de Poisson

$$(7) \qquad u(r_1, \varphi_1, r_2, \varphi_2) = \frac{1}{4\pi^2} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} f(\theta_1, \theta_2)\, H_1 H_2 \, d\theta_1 \, d\theta_2$$

est-elle nécessairement une fonction hyperharmonique à l'intérieur de l'hypersphéroïde ? »

Il n'en est rien et l'on peut seulement affirmer que l'on a

$$(8) \qquad \Delta_1 u = 0, \quad \Delta_2 u = 0.$$

Il s'agit donc de savoir à quelles conditions la fonction (7) est hyperharmonique. Voilà la réponse :

Les relations

$$(9) \qquad \left\{ \begin{aligned} &\int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} f(\theta_1, \theta_2) \cos(k\theta_1 - l\theta_2)\, d\theta_1 \, d\theta_2 = 0 \\ &\int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} f(\theta_1, \theta_2) \sin(k\theta_1 - l\theta_2)\, d\theta_1 \, d\theta_2 = 0 \end{aligned} \right. \qquad (k, l = 1, 2, \ldots)$$

sont des conditions nécessaires et suffisantes pour que la fonction (7) *satisfasse à l'équation* $\nabla_1 u = 0$, et de même pour l'équation $\nabla_2 u = 0$.

5. De là, on déduit le théoréme :

Toute fonction $u(r_1, r_2, \varphi_1, \varphi_2)$ *qui satisfait dans un domaine* (T) *à un des systèmes d'équations*

$$(10) \qquad \left\{ \begin{aligned} &\Delta_1 u = \Delta_2 u = \nabla_1 u = 0, \\ &\Delta_1 u = \Delta_2 u = \nabla_2 u = 0 \end{aligned} \right.$$

est hyperharmonique dans ce domaine, pourvu qu'elle soit régulière *à l'origine des coordonnées.*

6. On pourra facilement étudier la classe des fonctions pour lesquelles les relations (9) sont remplies.

Si nous supposons que la fonction $f(\theta_1, \theta_2)$ soit donnée par la série

$$f(\theta_1, \theta_2) = \alpha_{00} + \sum_{k,l=1}^{\infty} [\alpha_{rs} \cos r\theta_1 \cos s\theta_2 + \beta_{rs} \cos r\theta_1 \sin s\theta_2 + \gamma_{rs} \sin r\theta_1 \cos s\theta_2 + \delta_{rs} \sin r\theta_1 \sin s\theta_2], \tag{11}$$

nous trouvons les relations

$$\begin{cases} \alpha_{k,l} + \delta_{k,l} = 0 \\ \beta_{k,l} - \gamma_{k,l} = 0 \end{cases} \qquad (k, l = 1, 2, \ldots) \tag{12}$$

nécessaires et suffisantes pour la validité des formules (12).

Donc la fonction la plus générale pour laquelle les relations (12) sont vérifiées est donnée par la formule

$$f(\theta_1, \theta_2) = c + \varphi_1(\theta_1) + \varphi_2(\theta_2) + \sum_{r,s=1}^{\infty} [\alpha_{rs} \cos(r\theta_1 + s\theta_2) + \beta_{rs} \sin(r\theta_1 + s\theta_2)],$$

c étant une constante et $\varphi_1(\theta_1)$, $\varphi_2(\theta_2)$ des fonctions arbitraires développables en séries de Fourier.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'intégration des fonctions mesurables.* Note de M. St. Kempisty, présentée par M. Émile Borel.

1. J'ai donné (¹) une définition de l'intégrale que j'appelle asymptotique. Voici une généralisation à laquelle je fus conduit en suivant le même ordre d'idées.

Considérons une fonction $g(x)$ mesurable et presque partout finie dans l'intervalle (a, b). Soient

$$x_0 = a, \quad x_1, \quad x_2, \quad \ldots, \quad x_{i-1}, \quad x_i, \quad \ldots, \quad x_j = b$$

un système de points divisant (a, b) et $m(x_{i-1}, x_i, \lambda)$, $M(x_{i-1}, x_i, \lambda)$ *les bornes à densité* λ $(0 < \lambda < 1)$ (²) dans l'intervalle (x_{i-1}, x_i) de la fonction $g(x)$.

(¹) *Un nouveau procédé d'intégration* (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 812).

(²) La borne inférieure à densité λ, $m(x_{i-1}, x_i, \lambda)$, est le plus grand des nombres y satisfaisant à la condition $\text{mes}_{x_{i-1}}^{x_i} E_x[f(x) < y] \leq \lambda(x_i - x_{i-1})$. Voir ma Note *Sur les limites approximatives* (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 642).

Définissons la fonction intermédiaire $h(x)$ de la manière suivante :

$$h(x) = m(x_{i-1}, x_i, \lambda), \quad \text{lorsque} \quad g(x) < m(x_{i-1}, x_i, \lambda),$$
$$h(x) = g(x), \quad \text{lorsque} \quad m(x_{i-1}, x_i, \lambda) \leqq g(x) \leqq M(x_{i-1}, x_i, \lambda),$$
$$h(x) = M(x_{i-1}, x_i, \lambda), \quad \text{lorsque} \quad g(x) > M(x_{i-1}, x_i, \lambda).$$

Comme la fonction $h(x)$ est mesurable et bornée, nous pouvons considérer l'intégrale lebesgienne

$$H = \int_a^b h(x)\,dx.$$

Appelons l'*intégrale inférieure* (*supérieure*) *à densité* λ de $g(x)$ dans (a, b) la limite inférieure (supérieure) de H lorsque le plus grand des intervalles (x_{i-1}, x_i) tend vers zéro.

Nous désignerons ces intégrales respectivement par

$$(\lambda)\underline{\int_a^b} g(x)\,dx, \qquad (\lambda)\overline{\int_a^b} g(x)\,dx.$$

2. En comparant la dernière définition avec celle des intégrales extrêmes asymptotiques, on voit que

$$(A)\underline{\int_a^b} g(x)\,dx \leqq (\lambda)\underline{\int_a^b} g(x)\,dx \leqq (\lambda)\overline{\int_a^b} g(x)\,dx \leqq (A)\overline{\int_a^b} g(x)\,dx.$$

Comme les intégrales extrêmes asymptotiques sont égales entre elles, pour une fonction intégrable asymptotiquement, il en est de même des intégrales extrêmes à densité λ.

En particulier, pour les fonctions sommables, la valeur commune de ces intégrales est l'intégrale de M. Lebesgue.

Nous dirons, en général, que $g(x)$ est *intégrable à densité* λ lorsque

$$(\lambda)\underline{\int_a^b} g(x)\,dx = (\lambda)\overline{\int_a^b} g(x)\,dx,$$

en désignant par

$$(\lambda)\int_a^b g(x)\,dx$$

l'intégrale à densité λ, égale à la valeur commune des intégrales extrêmes.

3. On peut démontrer, en faisant usage d'un théorème général de

M. Saks [1], que *l'intégrale indéfinie extrême à densité λ possède presque partout une dérivée égale à la fonction intégrée $g(x)$.*

Il suffit, pour cela, de poser, en conservant les notations de M. Saks,

$$f(\delta_i) = \int_{x_{i-1}}^{x_i} h(x)\,dx,$$

$$\varphi((a,\, b)) = (\lambda)\underline{\int_a^b} g(x)\,dx, \qquad \Phi((a,\, b)) = (\lambda)\overline{\int_a^b} g(x)\,dx.$$

Comme

$$m(x_{i-1},\, x_i,\, \lambda) \leqq \frac{1}{x_i - x_{i-1}} \int_{x_{i-1}}^{x_i} h(x)\,dx \leqq \mathrm{M}(x_i,\, x_{i-1},\, \lambda),$$

nous avons, pour les dérivées extrêmes de $f(\delta)$,

$$\liminf_{x_{i-1},\, x_i = 0} m(x_{i-1},\, x_i,\, \lambda) \leqq \underline{f(x)} \leqq \overline{f(x)} \leqq \limsup_{x_{i-1},\, x_i = 0} \mathrm{M}(x_{i-1},\, x_i,\, \lambda).$$

Or, d'après un théorème cité dans ma Note [2], on a presque partout

$$\liminf_{x_{i-1},\, x_i = 0} m(x_{i-1},\, x_i,\, \lambda) = \limsup_{x_{i-1},\, x_i = 0} \mathrm{M}(x_{i-1},\, x_i,\, \lambda) = g(x)$$

et, par suite,

$$\underline{f(x)} = \overline{f(x)} = g(x).$$

Alors, d'après le théorème de M. Saks, presque partout

$$\overline{\varphi(x)} = \underline{\Phi(x)} = g(x).$$

Comme les dérivées extrêmes presque partout finies sont presque partout égales, on a presque partout

$$\varphi'(x) = \Phi'(x) = g(x).$$

4. Voici un exemple d'une fonction qui, n'étant pas sommable ni totalisable, ni enfin intégrable asymptotiquement, est intégrable à densité λ.

Posons

$$g(x) = -3^n, \qquad \text{pour} \qquad \frac{1}{3^n} < x \leqq \frac{2}{3^n},$$

$$g(x) = 3^n, \qquad \text{pour} \qquad \frac{2}{3^n} < x \leqq \frac{1}{3^{n-1}}.$$

---

[1] *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 38.

[2] *Sur les limites approximatives* (*Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 642).

Si x_1 satisfait à la condition $\frac{1}{3^n} < x_1 < \frac{1}{3^{n-1}}$, on a, pour $0 < x < x_1$ et $\lambda = \frac{1}{3}$,

$$h(x) = -3^n, \quad \text{lorsque} \quad \frac{1}{3^p} < x \leq \frac{2}{3^p} \quad \text{et} \quad p > n,$$

$$h(x) = 3^n, \quad \text{lorsque} \quad \frac{2}{3^p} < x \leq \frac{1}{3^{p-1}},$$

tandis que, pour $x_1 < x < 1$, nous avons $h(x) = g(x)$.

Alors

$$\int_0^1 h(x)\,dx = 0,$$

quel que soit le système de points de division, et par suite l'intégrale à densité λ de $g(x)$ dans l'intervalle $(0, 1)$ existe et est égale à zéro.

BALISTIQUE. — *Sur les principes de la balistique intérieure.* Note de MM. **Gossot** et **Liouville**, présentée par M. Vieille.

Les recherches sur la position du maximum de pression dans les bouches à feu ont, pour la théorie, des conséquences intéressantes.

Soient c' la capacité de la chambre et c la capacité totale de l'âme. Quand le maximum de pression résulte de la combustion complète de la charge, soient c_1 la capacité offerte aux gaz quand ce maximum P_M est atteint, v_1 la vitesse correspondante, v la vitesse du projectile à la sortie de la bouche à feu, ϖ le poids de la charge de poudre, f sa force, δ le rapport $\frac{\varpi}{c' - \varpi}$, m la masse du projectile, $1 + 2\Gamma$ le rapport des chaleurs spécifiques des gaz, à la température où ils se trouvent.

Il est facile de démontrer, en toute rigueur, les relations suivantes, avec un choix convenable des unités,

$$(1) \qquad \left(\frac{c_1}{c}\right)^{1+2\Gamma} = \frac{f\delta c'}{P_M c}\left(1 - \frac{m\Gamma v^2}{f\varpi}\right), \qquad 1 - \frac{m\Gamma v_1^2}{f\varpi} = \frac{P_M c}{f\delta c'}\frac{c_1}{c}.$$

Elles sont indépendantes :

1° De l'influence de la pression sur le mode de combustion de la poudre;

2° De la forme de cette dernière.

Elles sont donc les mêmes pour toutes les théories proposées et ne peuvent être mises en défaut que :

1° Par ce qu'on appelle les perturbations ou effets secondaires, tels

que la répartition des densités et des pressions des gaz derrière le projectile;

2° Les erreurs commises sur la valeur moyenne de Γ, le refroidissement des gaz par les parois de l'âme;

3° Les erreurs des appareils d'enregistrement des pressions.

Si le maximum de pression ne coïncide pas avec la combustion complète de la charge, les formules (1) s'appliquent, non au maximum de pression, mais au point, inconnu, où la combustion est complète.

Le système (1) convient assurément pour un tir de poudre B M_1 à la densité de chargement, de 0,275 fait en 1904, dans le canon de 10^{cm}, modèle 1902. C'est à peu près le seul dont nous puissions disposer, pour comparer, sur le point qui nous intéresse, la théorie avec l'expérience. La pression était enregistrée à l'aide de ressorts; c'est un dispositif moins sûr et moins étudié que ceux dont on pourrait se servir aujourd'hui. On peut craindre que les pressions, observées dans une action rapide, soient trop faibles, comme il arrive pour les crushers; on peut craindre aussi que des mesures, prises à la culasse, soient trop fortes, en raison des frottements du projectile. La pression exacte reste donc un peu douteuse.

Pour faire nos comparaisons, nous avons supposé que l'indication du ressort (2970^{kg}) était remplacée, successivement, par 2870, 2870 × 1,05, 2870 × 1,10. Avec chacune de ces évaluations, nous avons choisi Γ pour obtenir la vitesse v_1 au point de pression maximum. Cette détermination est précise, car une faible modification de Γ suffit à faire varier v_1 d'une façon très notable. Le déplacement, au contraire, peu sensible à cette influence, varie notablement avec la pression. Voici le tableau des résultats :

Pression maximum adoptée (kg par cm²).	Rapport des chaleurs spécifiques.	Rapport de v_1 calculé à v_1 expérience.	Rapport de c_1 calculé à c_1 expérience.	Indication du ressort (kg par cm²).
	1,206	0,959	1,078	
2870	1,210	1,003	1,075	
	1,214	1,024	1,075	
	1,256	0,996	1,021	
3013	1,260	1,020	1,020	2970
	1,264	1,039	1,019	
	1,296	0,998	0,974	
3157	1,298	1,003	0,972	
	1,300	1,015	0,970	

La coïncidence de c_1 calculé, avec c_1 exp., se produirait, en même

temps que celle de v_1 calc. avec v_1 exp., pour une pression comprise entre 3013 et 3157, et une valeur du rapport des chaleurs spécifiques comprise entre 1,256 et 1,300.

Ainsi, lorsqu'il s'agit d'une poutre vive, BM_1, les nombres calculés ne sont pas en discordance avec les nombres expérimentaux.

Comme les objections, présentées au sujet de ces derniers, se rapportent seulement au mode de fonctionnement des appareils de mesure, rien dans les constatations précédentes ne vient confirmer ces objections dans le cas général, il n'y a aucune raison de supposer les valeurs de c_1, expérimentales, trop grandes.

En admettant que les pressions indiquées par le ressort sont un peu faibles, les valeurs du rapport des chaleurs spécifiques se rapprochent beaucoup de celles qui paraissent aujourd'hui les plus vraisemblables.

Les constatations précédentes sont d'ailleurs trop peu nombreuses et, en raison de l'indigence des documents expérimentaux, on doit se borner à signaler les formules (1), sans chercher à en déduire pour le moment des conclusions définitives.

OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE. — *Nouvelle extension de la méthode des zones (Ritchey) à la détermination des aberrations en dehors de l'axe.* Note de M. **J. Cojan**, présentée par M. A. Cotton.

J'ai déjà indiqué [1] une première extension de la méthode des zones à la détermination de la coma tangentielle. La méthode, légèrement modifiée, permet également la détermination d'une aberration sagittale liée aux points de rencontre des rayons situés dans le plan méridien de symétrie et de la courbe lieu des éléments de focales sagittales. Cette courbe est la section de la seconde nappe de la caustique par le plan méridien.

Deux rayons incidents symétriques par rapport à ce plan conservent la même symétrie après avoir traversé le système et s'y concentrent à nouveau. Ces deux rayons tendent vers un rayon méridien déterminé lorsque leurs inclinaisons sur le plan méridien tendent vers zéro et leur point de rencontre a comme limite, dans les mêmes conditions, le point de rencontre cherché du rayon méridien et de la courbe lieu des éléments de focales sagittales. Il suffit pour cela que les traces des deux rayons sur la surface d'onde décrivent une courbe qui soit tangente à la ligne de courbure au

---

[1] *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 893.

point où le rayon méridien rencontre lui-même cette surface d'onde. Par raison de symétrie il suffit que la tangente en ce point soit perpendiculaire au plan méridien.

On dispose dans le plan du diaphragme de l'objectif un écran percé d'un trou central qui isole le rayon principal et d'un certain nombre d'autres situés dans la section méridienne de part et d'autre du centre. Sur la perpendiculaire au plan méridien passant par le centre de chacun de ces trous, on isole, au moyen d'ouvertures disposées symétriquement par rapport au plan méridien, des rayons eux-mêmes symétriques par rapport à ce plan. La position du centre de chaque trou se définit par rapport à deux axes rectangulaires passant par le trou central. L'axe des x est parallèle au plan méridien et l'axe des y lui est perpendiculaire.

Lorsque le couteau passe par l'intersection des deux rayons symétriques, les zones correspondantes de l'écran s'assombrissent uniformément. Le couteau se déplace en profondeur parallèlement au rayon principal réfracté : son arête est perpendiculaire à ce rayon et parallèle au plan méridien de symétrie.

On détermine ainsi la distance $s_{x,y}$ du point d'intersection de deux rayons symétriques à un plan origine quelconque perpendiculaire au rayon principal réfracté. La précision de la mesure est du même ordre de grandeur que celle de la mesure des aberrations axiales.

En répétant la détermination pour les rayons passant par des ouvertures situées sur une même perpendiculaire au plan méridien (x constant), on trace la courbe $s_{x,y}$ fonction de y. La distance $s_{x,0}$ correspondant au point où le rayon méridien passant par l'ouverture (x, o) rencontre l'élément de focale sagittale, se détermine en prenant l'intersection de la courbe $s_{x,y}$ avec l'axe des y qui est d'ailleurs tangent à la courbe au point d'intersection cherché.

On peut répéter la même détermination pour tous les rayons situés dans le plan méridien et isolés par les ouvertures de l'écran.

Comme cas particulier, la mesure permet de fixer la position de l'élément de focale sagittale sur le rayon principal.

Exemple. — Détermination de l'aberration sagittale d'un objectif de 500^{mm} de foyer pour une radiation de longueur d'onde $\lambda = 0^{\mu},436$ à 20° de l'axe.

R. méridiens...	$x = 7^{mm}$ (gauche).		$x = 0$ (rayon principal).		$x = 7^{mm}$ (droite).	
	y.	$s_{7,y}$.	y.	$s_{0,y}$.	y.	$s_{7,y}$.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
	7	7,20	14	7,91	7	8,57
	21	7,57	21	8,02	21	8,02
			28	8,19		

Valeurs limites :

$s_{7,0} = 7^{mm},14$ $s_{0,0} = 7^{mm},86$ $s_{7,y} = 8^{mm},64$

(Comme il n'y a aucune symétrie dans la réfraction des rayons situés dans le plan méridien par rapport au rayon principal, il faut distinguer les zones placées à droite et celles placées à gauche du trou central.)

PHYSIQUE. — *Mesure de la dispersion du sulfure de carbone dans l'ultraviolet.* Note de MM. **G. Bruhat** et **M. Pauthenier**, présentée par M. A. Cotton.

La dispersion du sulfure de carbone dans l'ultraviolet a été étudiée d'une manière générale par Martens [1], par Flatow [2] et par Fricke [3], mais aucune mesure précise n'a été faite au voisinage des bandes d'absorption, particulièrement de la bande $322^{m\mu}$. Nous avons complété dans cette région nos mesures d'absorption [4] par des mesures d'indice de réfraction.

Méthode. — Nous avons utilisé la méthode des prismes croisés avec un prisme P de sulfure de carbone à petit angle (environ 48′) à arête verticale et deux prismes de quartz droit et gauche à arêtes horizontales; ces derniers sont réglés au minimum de déviation pour $322^{m\mu}$ ou pour $265^{m\mu}$, suivant qu'il s'agit d'étudier la dispersion au voisinage de la première bande ou à l'approche de la seconde. Le système est placé entre un collimateur et une chambre photographique à objectifs achromatiques.

Nous formons sur la même plaque, avec le même temps de pose, deux spectres de dispersion pour deux positions du prisme P à 180° l'une de l'autre; le réglage de ce prisme normalement à l'axe du faisceau est immédiat par autocollimation. Nous mesurons avec une machine à diviser la distance d des points homologues des deux images de la fente pour une même

(1) *Annalen der Physik*, 6, 1901, p. 603.
(2) *Annalen der Physik*, 12, 1903, p. 85.
(3) *Annalen der Physik*, 16, 1905, p. 865.
(4) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 153.

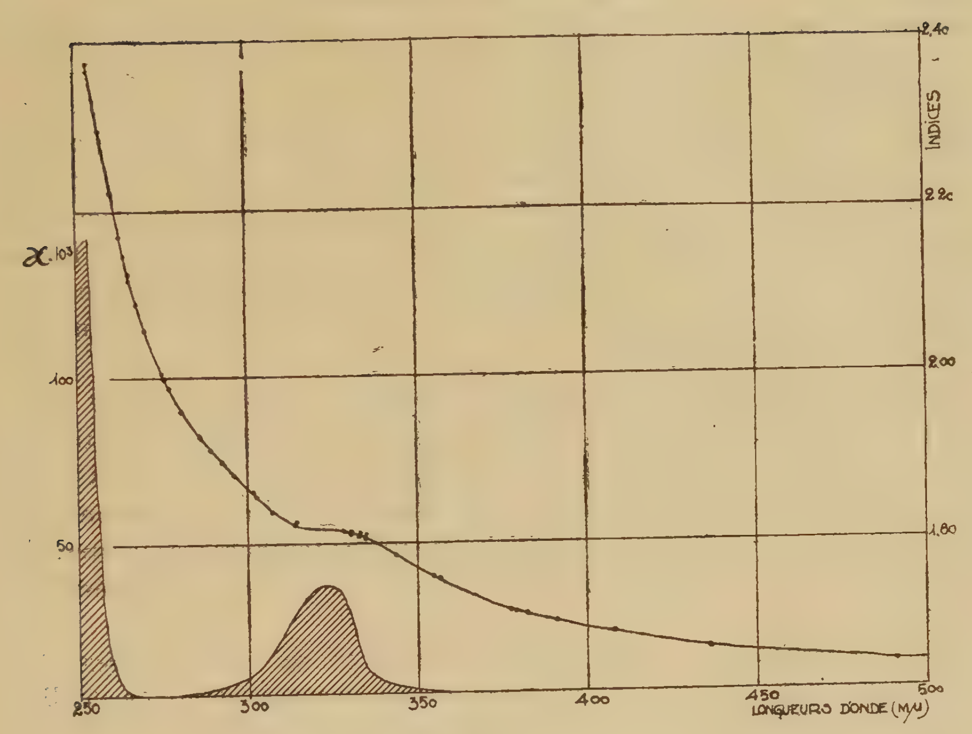

2,40
INDICES
2,20
2,00
1,80
χ.10³
100
50
250
300
350
400
450
500
LONGUEURS D'ONDE (mμ)

Fig. 1.

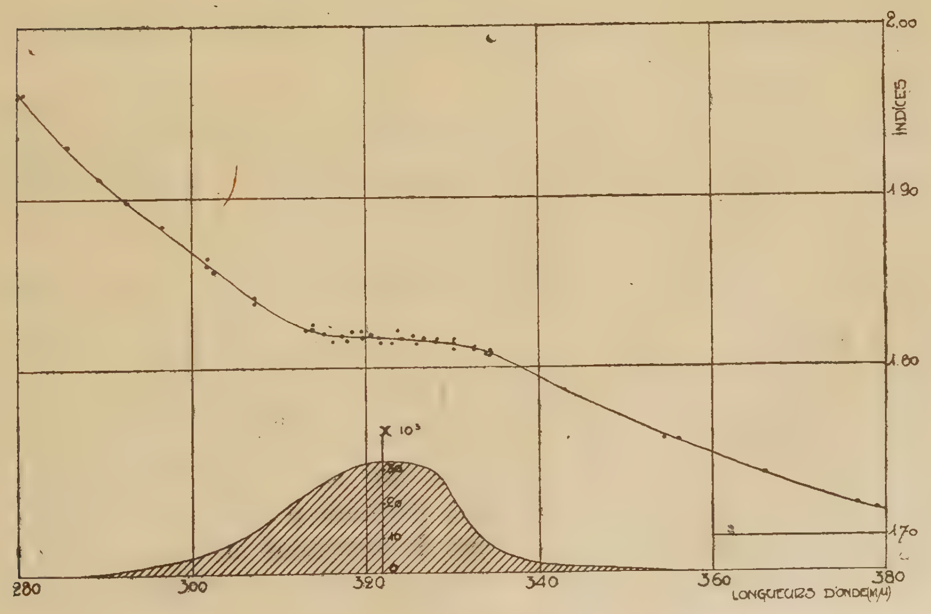

2,00
INDICES
1,90
1,80
1,70
χ 10³
280
300
320
340
360
380
LONGUEURS D'ONDE(mμ)

Fig. 2.

radiation; si n est l'indice du sulfure de carbone pour cette radiation, on a, en désignant par k une constante $d = k(n - 1)$.

Sources. — Nous prenons comme source, soit un arc au mercure en quartz, soit une étincelle condensée éclatant entre pointes, l'une de zinc et l'autre de cuivre; nous construisons d'abord la courbe de dispersion du spectrographe de quartz (sans sulfure de carbone). Cette courbe nous permet d'utiliser à la fois les raies et le fond continu assez intense de l'étincelle. Nous avons pu ainsi augmenter le nombre des points expérimentaux à l'intérieur de la bande $322^{m\mu}$; il est alors indispensable que la fente du collimateur soit très fine.

Corrections. — Nous avons fait les corrections nécessaires pour tenir compte, d'une part de ce que les lames de quartz entre lesquelles se trouve le sulfure de carbone sont très légèrement prismatiques, d'autre part de ce que la plaque photographique n'est pas normale à tous les rayons qui forment les spectres; ces corrections sont d'ailleurs toujours très petites. En outre, nous avons ramené toutes les mesures à la même température de 20°C.

Précision des mesures. — Les mesures précédentes sont des mesures relatives. Nous avons déduit la valeur de la constante k des valeurs de l'indice données par Flatow en dehors des bandes d'absorption; nous avons ainsi vérifié que nos résultats sont bien d'accord avec les siens dans ces régions. L'erreur possible est en général de l'ordre d'une unité de la troisième décimale.

Comme le montre la courbe 2, les pointés deviennent un peu moins précis à l'intérieur même de la bande d'absorption $322^{m\mu}$: en raison de la grande absorption du sulfure de carbone dans cette région, l'épaisseur utile du prisme P est alors très petite, et le pouvoir séparateur correspondant est notablement réduit.

Résultats. — Nos mesures s'étendent de l'extrémité du spectre visible jusqu'à la radiation 2537 Å du mercure. Nous donnerons dans un autre Recueil le tableau complet des résultats; leur ensemble est donné par la courbe 1; la courbe 2 représente, à une échelle plus grande, la variation de l'indice au voisinage et à l'intérieur de la bande $322^{m\mu}$.

Nous avons reproduit pour mémoire, par les courbes hachurées, les valeurs que nous avons précédemment obtenues pour l'indice d'extinction $\varkappa$: on reconnaît, entre les courbes de dispersion et d'absorption, les relations classiques prévues par les formules de Ketteler-Helmholtz.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Étude du mélangeur des trompes à gaz à basse pression.* Note de M. **Fernand Prothais**, présentée par M. Rateau.

Dans ses travaux sur les trompes (¹), M. Rateau a envisagé le cas du fonctionnement normal du mélangeur; j'ai cherché, dans la présente étude, à préciser l'influence sur le fonctionnement de ce dernier de la variation de ses éléments de construction.

Nous supposerons que les deux fluides arrivent par deux tuyères concentriques et qu'ils ont mêmes constantes thermodynamiques.

Soient s_1, s_2 les sections terminales des tuyères inductrice et induite, s la section de fin de mélange, w_1, w_2, w les vitesses respectives des gaz dans ces sections, ϖ_1, ϖ_2, ϖ leurs densités, t_1, t_2, t et T_1, T_2, T leurs températures centigrades et absolues. L'équation de continuité s'écrit

$$(1)\qquad s_1 w_1 \varpi_1 + s_2 w_2 \varpi_2 = s w \varpi.$$

L'équation des quantités de mouvement donne

$$(2)\qquad s_1 w_1 \varpi_1 (w_1 - w) = s_2 w_2 \varpi_2 (w - w_2)$$

et l'équation des échanges de chaleur

$$(3)\qquad s_1 w_1 \varpi_1 t_1 + s_2 w_2 \varpi_2 t_2 = s w \varpi t.$$

Posons

$$\frac{s_1}{s} = m_1, \qquad \frac{s_2}{s} = m_2, \qquad \frac{w_1}{w} = x, \qquad \frac{w_2}{w} = y, \qquad \frac{T_2}{T_1} = \theta,$$

Les équations (1), (2) et (3) deviennent, après transformations,

$$(1)'\qquad m_1 \theta x^2 + m_2 y^2 = m_1 \theta x + m_2 y,$$

$$(2)'\qquad m_1 x + m_2 y = 1,$$

$$(3)'\qquad T = \frac{T_2}{m_1 \theta x + m_2 y}.$$

(1)′ et (2)′ déterminent x et y en fonction de m_1, m_2 et θ, et, si x et θ sont supérieurs à 1, la valeur positive de x convient seule ainsi que la valeur correspondante de y.

Rendement mécanique du mélangeur ρ'_m. — Soient M_1 et M_2 les débits

---

(¹) *Revue de Mécanique*, 2, 1900, p. 265.

masse inducteur et induit, q_1 et q_2 les débits volumes correspondants; la force vive perdue par M_1, passant de w_1 à w, a été employée à augmenter la force vive de M_2, passant de w_2 à w, à compenser les pertes internes, donc le travail de compression qui a pour valeur $\frac{q_1\varpi_1}{2g}(w_1 - w)^2$, et à vaincre les frottements R′.

Or, lorsque la pression du fluide inducteur est relativement peu élevée par rapport à celle du fluide induit, la loi de Borda-Carnot n'intervient pas seule et celle de Bernoulli intervient partiellement; donc la fraction correspondante λ'_m du travail de compression sera transformée sans perte d'énergie mécanique. Il résulte de là

$$\frac{1}{2}M_1(w_1^2 - w^2) - \lambda'_m \frac{\varpi_1 q_1}{2g}(w_1 - w)^2 = \frac{1}{2}M_2(w^2 - w_2^2) + (1 - \lambda'_m)\frac{\varpi_1 g_1}{2g}(w_1 - w)^2 + R'.$$

Les deux derniers termes représentent le travail perdu et transformé en chaleur. Posons

$$(w_1^2 - w^2) - \lambda'_m(w_1 - w)^2 = \frac{1}{\lambda_m} \times 2w(w_1 - w);$$

il vient

$$\rho'_m = \lambda_m \frac{1+y}{2} = \lambda_m \rho_m,$$

ρ_m étant le rendement théorique du mélangeur, si l'opération s'effectuait intégralement suivant la loi de Bernoulli; λ_m, coefficient caractéristique du mélangeur, ne peut être déterminé que par l'expérience.

Pour des valeurs déterminées de m_1, m_2 et θ, ρ_m croît avec x depuis 0,5 pour $y = 0$ jusqu'à 1 pour $y = 1$; pour des valeurs fixes de m_1 et m_2, ρ_m croît avec θ.

Remarquons que, si $\lambda'_m = 0$, $\lambda_m = \frac{2}{x+1}$.

Donc, si x croît de 1 à ∞, λ_m décroît de 1 à 0; en pratique, sa valeur ne dépasse pas 0,96 à 0,97.

Appelons angle d'ouverture β du mélangeur, l'angle d'ouverture du tronc de cône ayant pour bases la section du col de la trompe et la section terminale de la tuyère inductrice; nous allons vérifier, par l'interprétation des expériences de M. Rateau [1], que l'effet de la récupération de pression statique est d'augmenter le rendement du mélangeur pour des valeurs de x comprises entre l'unité et $x = x_1$ qui dépend de β et de la forme du profil.

---

(1) *Revue de Mécanique*, 2, 1900, p. 309 à 312.

Adoptant le même numérotage que M. Rateau, nous avons dressé les tableaux suivants :

Trompes	β	$x = 1,5$ λ_m	$x = 1,5$ λ'_m
3...	2°30	0,55	0,8
4...	7.50	0,67	0,8
5...	6.40	0,88	0,8
6...	12.50	0,75	0,8

Trompes	β	$x = 1,5$ λ_m	$x = 1,5$ λ'_m	$x = 2$ λ_m	$x = 2$ λ'_m
7...	8°	0,94	0,8	0,82	0,666
8...	9.10'	0,92	0,8	0,76	0,666
9'...	9.40	0,87	0,8	0,72	0,666
9''..	12.40	0,83	0,8	0,67	0,666
10...	12.40	0,83	0,8	0,67	0,666

Les résultats du deuxième tableau sont supérieurs à ceux du premier par suite de la forme plus rationnelle du mélangeur ; on voit en outre l'influence de β et l'on constate que, dans les trompes où β est voisin de l'angle normal d'écoulement des gaz, $\lambda_m > \lambda'_m$.

En résumé :

1° Le coefficient caractéristique maximum du mélangeur atteint sa valeur maximum pour un angle d'ouverture de 6 à 7° ;

2° Lorsque β est invariable, il augmente constamment lorsque x diminue, jusqu'à une valeur maximum atteinte pour $x = 1$;

3° Pour une trompe bien établie, il correspond aux rendements maxima du mélangeur et de la trompe, et la section de fin de mélange vient alors se placer au col de la trompe ;

4° Le rendement pratique du mélangeur a toujours une valeur faible qui, dans les essais étudiés, n'a jamais dépassé 0,51.

RADIOACTIVITÉ. — *Décomposition en groupes définis du rayonnement total du radium, par absorption dans le platine.* Note de Mme **J.-S. Lattès**, présentée par M. Jean Perrin.

Etant donnée la longue suite de ses descendants, le radium, préparé depuis un certain temps, contient, même avant que l'équilibre radioactif soit atteint, un grand nombre de produits de désintégration. Le rayonnement, émis par les préparations de radium et utilisé en thérapeutique, est donc très complexe.

Le but du présent travail a été de décomposer en groupes définis ce rayonnement complexe en l'analysant par absorption dans le platine, métal généralement utilisé comme filtre dans les applications médicales.

Mais la production de rayonnements secondaires au sein même des écrans absorbants vient compliquer le phénomène d'absorption, de telle sorte que le rayonnement global mesuré dans la chambre d'ionisation comprend :

1° Les rayons γ primaires;

2° Les rayons β primaires;

3° Les rayons β secondaires produits par les rayons γ primaires;

4° Les rayons γ secondaires produits par les rayons β primaires.

Ces différents rayonnements ont pu être mis en évidence isolément et même décomposés en groupes grâce à une méthode expérimentale et à des calculs particuliers qui seront décrits ultérieurement. Ces groupes sont définis par un coefficient d'absorption indépendant de l'épaisseur traversée, sans qu'on préjuge rien de leur composition spectrale (électromagnétique ou corpusculaire).

La source utilisée est une ampoule préparée en 1907 et contenant de 62, à 65^{mg} de radium-élément sous forme de bromure de radium presque exempt d'impuretés. L'épaisseur des parois de verre est de l'ordre de $0^{mm},3$ à $0^{mm},5$.

Les résultats obtenus peuvent se résumer ainsi :

1° *Rayonnement γ primaire.* — On peut mettre en évidence trois groupes de rayons γ caractérisés par leur coefficient massique d'absorption dans le platine $\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{Pt}$ (ou l'épaisseur de platine D_{Pt} nécessaire pour diminuer le rayonnement de moitié).

2° *Rayonnement β primaire.* — Il peut être décomposé en quatre groupes dont les caractéristiques sont données dans le tableau général ci-contre.

3° *Rayonnement β secondaire produit par les rayons γ primaires.* — Ce rayonnement, comme celui qui le produit, peut être décomposé en trois groupes, les groupes primaires et secondaires se correspondant deux à deux.

4° *Rayonnement γ secondaire produit par les rayons β primaires.* — La très faible proportion de ce rayonnement dans le rayonnement total (au maximum 0,1 pour 100) n'a pas permis, jusqu'à présent, de l'analyser.

Les résultats numériques relatifs à ces divers rayonnements sont réunis dans le tableau suivant :

Nature du rayonnement.	Désignation des groupes.	$\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{Pt}$	D_{Pt}	Composition pour 100 du rayonnement du radium ayant traversé une épaisseur de platine de : 0.		$0^{mm},15$.		$0^{mm},30$.		$0^{mm},50$.		1^{mm}.		$1^{mm},5$.	
γ primaire	I......	0,063	$5^{mm},14$	13		56,4		67,9		73,9		80,3		82,9	
	II.....	0,869	0,37	3	17	10,1	68,3	9,2	78,2	7,3	81,2	3,5	83,8	1,6	84,5
	III.....	2,95	0,11	1		1,8		1,1		néglig.		néglig.		néglig.	
β primaire	IV.....	8,04	0,04	24		9,7		1,1							
	V.....	26,1	0,012	13	83	néglig.	9,7	néglig.	1,1	négligeables		négligeables		négligeables	
	VI.....	55,5	0,006	28		néglig.		néglig.							
	VII....	218	0,0015	18		néglig.		néglig.							
β secondaire engendré dans le platine	VIII...	13,9	0,023	0		9,7		12,0		13,3		14,1		14,7	
	IX.....	85,0	0,0038	0	0	6,6	22,0	6,0	20,7	4,9	18,8	2,1	16,2	0,8	15,5
	X.....	151	0,0022	0		5,7		2,7		0,6		néglig.		néglig.	
					100		100		100		100		100		100
Rapport des intensités des rayonnements β et γ..................				$\frac{\beta}{\gamma}=4,88$		0,464		0,279		0,232		0,193		0,183	

Remarques. — 1° Les valeurs trouvées et indiquées dans ce tableau pour les coefficients d'absorption sont en bon accord avec celles que l'on peut déduire des données de divers auteurs rassemblées dans un article du *Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik*, 19, 1922, p. 334.

2° En dehors du groupe VII qui semble dû au radium lui-même; et du groupe V, si, comme il est vraisemblable, il provient au moins partiellement du Ra E dont la substance mère est à formation lente, les ampoules de radon utilisées en thérapeutique fournissent le même rayonnement que les préparations de radium.

3° Les indications données ci-dessus pour les rayons β primaires et secondaires ont une grande importance au point de vue des applications médicales. On sait en effet que ces rayons β sont presque exclusivement responsables du phénomène de nécrose [1].

RADIOACTIVITÉ. — *Sur un alignement de sources radioactives dans la région du Velay (Haute-Loire).* Note [2] de M. A. **Baldit**, présentée par M. M. de Broglie.

Une étude sur les sources minérales du Velay [3] et de la région qui l'entoure immédiatement m'a conduit, il y a quelques années, à cette constatation, que, sur 17 sources étudiées, 3 seulement présentent des signes assez remarquables de radioactivité, soit sous la forme d'émanation (Les Estreys, Sembadel), soit sous la forme de dépôt actif (Bonnefont).

Je donne ci-après, en même temps que les positions de ces 3 sources, leur radioactivité en millimicrocuries par litre d'eau, et un bref résumé de leurs particularités.

Source.	Latitude N.	Longitude E. Paris.	Altitude.	Radioactivité en millimicrocuries par litre d'eau.
	°	°	m	
Sembadel	45.16,7	1.21,7	1080	34
Les Estreys	45.04.1	1.28,7	665	34 [4]
Bonnefont	44.55.2	1.34,8	730	1

[1] *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 867 et 963; 177, 1923, p. 798.

[2] Séance du 9 mars 1925.

[3] A. Baldit, *Sur la radioactivité des Sources minérales du Velay* (*Mém. de la Société Scient. de la Haute-Loire*, 16, 1909-1910, p. 189), et *Sur la radioactivité de la Source des Estreys et des eaux minérales de la région du Velay* (*Gazette des Eaux*, 54, 11 mars 1911, p. 213).

[4] Le chiffre de 34 est le résultat de plusieurs mesures. De nombreuses

Sembadel. — Source froide. Sort du granite gneissique, à la limite du gneiss granulitique. Débit insignifiant.

Les Estreys. — Source froide (16°). Sur la rive gauche de la Borne, affluent de la Loire. Jaillit au milieu d'alluvions modernes, après avoir traversé des marnes oligocènes (bassin lacustre tertiaire du Puy). Basalte pliocène dans le voisinage. La source est dominée par une grande coulée basaltique quaternaire. Des mesures effectuées sur le gaz spontané, m'ont donné des radioactivités égales, malgré des conditions extérieures très différentes [1]. Période de désactivation de 3,75 jours. La courbe d'activité du gaz montre au début, à 15 minutes environ de l'origine un maximum net, suivi d'une lente décroissance.

Bonnefont. — Source froide. Sort du granite, sur les deux rives de la Loire, et; même dans le lit du fleuve. Le dépôt recueilli à l'émergence est très nettement radioactif. Radio élément de la famille du thorium. Période égale à 10,9 heures.

Mon attention s'étant reportée dernièrement sur ces trois sources, je constate qu'elles forment un *alignement sensiblement rectiligne.*

La droite qui joint les deux sources de Sembadel et de Bonnefont passe à 600^{m} seulement à l'Est de la source des Estreys qui se trouve entre les deux premières. La distance des sources extrêmes étant de 44^{km}, l'alignement doit être considéré comme satisfaisant. On peut faire remarquer d'ailleurs que si les points d'émergence des sources extrêmes, Sembadel et Bonnefont, sont déterminés avec précision, par la nature même du terrain d'où elles sortent (terrain primitif), il n'en est pas de même de la source des Estreys qui jaillit après avoir traversé des terrains sédimentaires, et est entourée de coulées basaltiques de différentes époques. Son émergence a donc pu être légèrement modifiée.

Malgré ce dispositif particulier du tracé, on pourrait être porté à ne voir dans le groupement suivant un axe rectiligne des trois sources précédentes qu'une coïncidence fortuite. La détermination d'une source radioactive *nouvelle*, se plaçant sur la même droite, rend aujourd'hui tout à fait probable l'existence d'une sorte d'axe géologique très étendu, le long duquel se groupent les radioactivités les plus fortes de la région.

---

déterminations que j'ai faites, échelonnées sur plusieurs années à partir de 1907, m'ont donné comme moyenne, en unités Mache le chiffre de 85 qui correspond précisément à celui de 34 en millimicrocuries.

[1] M. A. Lepape a bien voulu faire une première analyse du gaz spontané des Estreys (10 janvier 1925). Il donne comme composition centésimale en vol. : anhydride carbonique, 61,53 pour 100; oxygène, 0,61 pour 100; gaz combustibles, traces; azote, 37,44 pour 100; argon, avec traces de krypton et de xénon, 0,29 pour 100; hélium avec traces de néon, 0,13 pour 100.

La source en question est située sur la rive gauche du ruisseau de Ceyssac. Elle ne pouvait être que difficilement remarquée, car elle jaillissait autrefois dans le lit même du ruisseau; mais celui-ci ayant été dévié par une crue récente, la source est aujourd'hui accessible. Elle nous a été indiquée en janvier 1925.

	Latitude N.	Longitude E. Paris.	Altitude.	Rad. en millimicrocuries par lit. d'eau.
Source Ceyssac.......	45°02″,7	1°30″,3	670^{m}	14

Les deux déterminations de radioactivité faites le 25 janvier et le 5 février 1925 (¹) ont été concordantes. Cette source n'a qu'un très faible débit. Comme les précédentes, elle est froide (13°), et son site géologique est analogue à celui des Estreys, marne oligocène et basalte pliocène. Elle se place *exactement* sur l'axe rectiligne dont nous avons parlé qui groupe ainsi sur une longueur de plus de 40^{km} une source à dépôt nettement actif et trois sources de radioactivité égale ou supérieure à 12 millimicrocuries.

Le gisement de cet axe est N 23° W. C'est la direction de nombreuses lignes de fracture dans cette partie du Velay. C'est également la direction des massifs volcaniques du Meygal et du Velay, ainsi que de la bande de gneiss de la vallée de l'Allier (N 20° W) (²). Quelques particularités géologiques se succèdent le long de cette droite : volcan du Mont Bar, volcan qui domine la source des Estreys, orientation d'une partie de la vallée de la Borne et de la Loire, qui semblent dans le prolongement l'une de l'autre, etc.

Le développement en profondeur d'un accident géologique situé près de la grande ligne de fracture qui a donné naissance à la chaîne des monts du Velay, explique pourquoi la radioactivité s'est manifestée dans le Velay, plus spécialement suivant cet axe, aux endroits où il coupe les différents cours d'eau de la région. La variation de la radioactivité le long de cet axe suscite en outre une remarque qui n'est pas sans intérêt.

On admet généralement que les sources fortement ou très fortement radioactives, en France, jaillissent de terrains granitiques, et l'on explique cette particularité par la teneur plus élevée du granite en radio éléments.

La radioactivité de la source de Sembadel, et celle de la source de Bonnefont, dont le dépôt est actif, peuvent être attribuées exclusivement au granite ou à une roche de composition voisine. Il n'en est pas de même

(¹) Appareil de C. Engler et H. Sieveking. Appareil de W. Schmidt.

(²) Boule, *Description géologique du Velay*, p. 21.

des sources des Estreys et de Ceyssac, dont l'une est fortement radioactive. Ces sources ont peut-être leur origine profonde dans la masse granitique, mais elles traversent sur une épaisseur probablement assez grande des terrains sédimentaires et sont voisines de centres éruptifs. Ces deux causes interviennent sans doute dans la radioactivité de ces sources, et l'on ne peut accepter ainsi sans restriction le principe qui rattache au granite les fortes radioactivités des sources minérales.

Nous ferons remarquer encore qu'à l'intérêt qu'offre au point de vue géologique un alignement de sources fortement radioactives, analogue à celui que nous avons déterminé, s'ajoute un intérêt évident en ce qui concerne les recherches d'hydrologie pratique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Vitesses de cristallisation du gypse et obtention d'un plâtre à haute résistance.* Note de M. L. **Chassevent** présentée par M. H. Le Chatelier.

Nous avons précédemment étudié [1] à la température de 16° la vitesse de cristallisation d'une solution saturée de $SO^4Ca\frac{1}{2}H^2O$, soit seule, soit en présence de germes de $SO^4Ca.2H^2O$. Cette étude a été poursuivie au moyen de la conductibilité électrique à des températures comprises entre 16° et 80°. Les résultats sont représentés par les courbes de la figure d'autre part qui indiquent la concentration de la solution en grammes de SO^4Ca dissous dans 1000^g d'eau en fonction du temps.

L'allure de ces courbes montre une variation continue de la vitesse de cristallisation à partir de 60°. L'influence des germes de $SO^4Ca\,2H^2O$ sur la vitesse de cristallisation devient alors sensiblement nulle. Par exemple il n'y a qu'une diminution de concentration de 0^g,45 de SO^4Ca dans 1000^g d'eau à 60° après 200 minutes tandis qu'il y a une diminution de 1^g,5 à 50° après 100 minutes.

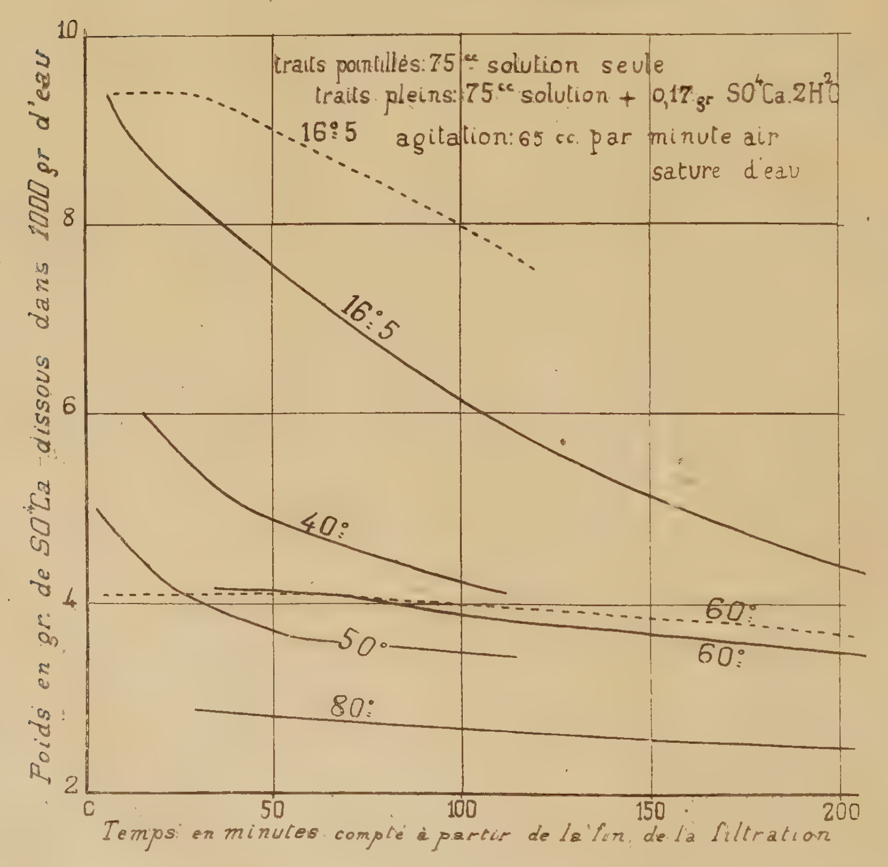
Nous avons d'autre part étudié à 60° et à 80° la cristallisation de solutions de concentrations supérieures à celles correspondant à la solubilité de $SO^4Ca\frac{1}{2}H^2O$ aux températures considérées. Ces solutions ont été obtenues par saturation en $SO^4Ca\frac{1}{2}H^2O$ soit au-dessous de 60° soit entre 60° et 80°.

Dès que l'on porte à 60° ces solutions la concentration diminue d'abord

---

(1) P. Jolibois et L. Chassevent, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1543.

très rapidement jusqu'à une valeur comprise entre la solubilité de $SO^4Ca.2H^2O$ et celle de $SO^4Ca\frac{1}{2}H^2O$ puis elle ne se rapproche ensuite que très lentement de celle de $SO^4Ca.2H^2O$.



A 80° ces solutions laissent déposer rapidement du $SO^4Ca.2H^2O$, même lorsque la cristallisation ne commence qu'au-dessus de 60°, jusqu'à ce que la concentration soit égale à la solubilité de $SO^4Ca\frac{1}{2}H^2O$ puis elle ne varie plus sensiblement après 3 heures.

Nous avons cherché à appliquer la diminution de la vitesse de cristallisation au-dessus de 60° des solutions sursaturées par rapport à $SO^4Ca.2H^2O$

à la prise du plâtre. Celle-ci ne pouvant sensiblement pas se faire à ces températures on peut travailler le produit longuement sans nuire à la prise. Or le plâtre est habituellement gâché avec un grand excès d'eau par rapport à la quantité théorique correspondant à la formation de $SO^4Ca.2H^2O$. En comprimant le plâtre vers 80° après lui avoir ajouté de l'eau en quantité juste suffisante, on obtient en laissant la prise se faire à la température ordinaire, un produit d'une grande résistance qui se polit bien et a l'aspect du marbre.

Le tableau ci-dessous représente en fonction de la densité apparente la résistance à la compression d'un cylindre de $1^{cm},5$ de diamètre et de $1^{cm},5$ de hauteur, après 15 jours.

10^g de plâtre à mouler additionnés de $1^g,9$ d'eau et comprimés.			$SO^4Ca\frac{1}{2}H^2O$ obtenu à partir du sulfate précipité.		
Densité apparente.	Résistance à la compression.	Pression employée pour obtenir un cylindre de 2^{cm} de diamètre.	Densité.	Résistance.	Pression.
	kg	kg		kg	kg
1,75	360	100	1,55	160	100
1,85	640	200	1,78	250	300
2,01	1100	600	2,11	1050	2000
2,18	1700	2000	2,19	1400	4000

Plâtre à mouler gâché habituellement (100^g de plâtre pour 45^{cm^3} d'eau), densité 1,45, résistance 340^{kg}. Résistance d'un ciment portland gâché avec le minimum d'eau et gardé 2 mois sous l'eau : 1050^{kg}.

Le durcissement du plâtre ainsi traité est lent à cause de la petite quantité d'eau employée.

Résistance à la compression après 3 jours, 500^{kg} ; après 15 jours, 900^{kg} ; après 28 jours, 1060^{kg}.

Il est impossible d'obtenir une densité supérieure à 2,18 du fait de la contraction lors de la prise du plâtre à mouler. D'autre part un échantillon d'albâtre (densité 2,32) n'a donné qu'une résistance de 350^{kg} ce qui est dû à ce fait bien connu que des cristaux fins enchevêtrés donnent une résistance plus grande que des gros cristaux agglomérés.

En résumé, nous avons étudié la variation avec la température de la vitesse de cristallisation des solutions sursaturées de sulfate de chaux, et nous avons appliqué le fait que celle-ci devient sensiblement nulle au-dessus de 60°, à la préparation d'un plâtre à haute résistance par compression après addition d'une quantité d'eau inférieure à celle employée habituellement lors du gâchage.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Comparaison des aptitudes migratrices de l'hydrogène et de quelques radicaux de la série acyclique.* Note de Mlle **J. Lévy** et M. **Roger Lagrave**, présentée par M. A. Haller.

Les réactions transpositrices ont permis d'aborder l'étude de la détermination des aptitudes migratrices relatives des différents radicaux, cycliques ou acycliques.

Le procédé de comparaison le plus simple consiste à offrir simultanément aux deux groupements considérés les mêmes possibilités apparentes de migration en les disposant dans des conditions structurales identiques. On conçoit qu'on puisse, dans ces conditions, obtenir soit un seul des deux produits théoriquement possibles, soit un mélange avec ou sans prédominance de l'un d'entre eux.

Un assez grand nombre de comparaisons ont été déjà effectuées, et les données expérimentales actuellement acquises, bien qu'encore insuffisantes, permettent de ranger les différents radicaux d'après leurs aptitudes migratrices décroissantes dans l'ordre suivant :

Phényle ou radicaux arylés > Benzyle ou radicaux arylalcoylés > $-C^nH^{2n+1}$ radicaux acycliques et hydrocycliques.

Pour ce qui est de l'atome d'hydrogène, on n'a point jusqu'ici résolu d'une façon définitive la question de ses aptitudes migratrices (1). On sait cependant que lorsqu'on oppose un atome d'hydrogène à un radical cyclique, c'est ce radical qui émigre (2) :

$$\begin{matrix}C^6H^5\\H\end{matrix}\!\!>C(OH)C(OH)<\!\!\begin{matrix}C^6H^5\\R\end{matrix} \rightarrow \begin{matrix}C^6H^5\\H\end{matrix}\!\!>\underset{\underset{|}{O}}{\overset{|}{C}}-\overset{|}{C}<\!\!\begin{matrix}C^6H^5\\R\end{matrix} \rightarrow \begin{matrix}C^6H^5\\C^6H^5\\R\end{matrix}\!\!-C.CHO.$$

De même, lorsqu'on oppose l'atome d'hydrogène à une chaîne fermée hydrocyclique (3), c'est cette chaîne qui émigre avec raccourcissement du cycle qui passe de C^6 en C^5.

(1) En ce qui concerne les capacités affinitaires de l'atome d'hydrogène, la plupart des auteurs (Meerwein, Auwers) admettent qu'elles sont inférieures à celles des divers radicaux, cycliques ou acycliques.

(2) M. Tiffeneau et Dorlencourt, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, 16, 1909, p. 237.

(3) M. Tiffeneau, *Comptes rendus*, 159, 1914, p. 771.

Par contre, lorsqu'on oppose un radical acyclique à l'atome d'hydrogène, c'est ce dernier qui émigre :

$$\begin{matrix}R \\ R'\end{matrix}\!>\!CH\,OH.C(OH)\!<\!\begin{matrix}CH^3 \\ H\end{matrix} \rightarrow \begin{matrix}R \\ R'\end{matrix}\!>\!C - C\!<\!\begin{matrix}CH^3 \\ H\end{matrix}\ (\text{pont } O) \rightarrow \begin{matrix}R \\ R'\end{matrix}\!>\!CH\,CO\,CH^3.$$

où

$$R = R' = C^6H^5 \quad (^1) \qquad \text{et} \qquad R = C^6H^5,\ R' = H \quad (^2),$$

Toutefois, dans ce dernier cas, on peut supposer qu'il s'agit d'une déshydratation vinylique :

$$\begin{matrix}R \\ R'\end{matrix}\!>\!CH\,OH\,C(OH)\!<\!\begin{matrix}CH^3 \\ H\end{matrix} \rightarrow \begin{matrix}R \\ R'\end{matrix}\!>\!C = C(OH)CH^3 \rightarrow \begin{matrix}R \\ R'\end{matrix}\!>\!CH\,CO\,CH^3.$$

Pour écarter cette possibilité de la formation intermédiaire d'une structure vinylique, il y avait intérêt à étudier cette question dans le groupe des oxydes d'éthylène. Nous avons préparé à cet effet les oxydes d'éthylène correspondant aux carbures éthyléniques $(C^6H^5)^2.C = CHR$.

L'isomérisation de ces oxydes, sous la seule influence de la chaleur, conduit, par rupture de la liaison unissant l'oxygène au carbone le plus substitué, au schéma intermédiaire instable ci-dessous, d'où il peut résulter, suivant qu'il y a migration de H ou de R, soit une cétone (migration de H), soit une aldéhyde (migration de R), soit un mélange de ces deux produits :

$$\begin{matrix}C^6H^5 \\ C^6H^5\end{matrix}\!>\!C(R)CHO \xleftarrow[\text{de R}]{\text{Migration}} \begin{matrix}C^6H^5 \\ C^6H^5\end{matrix}\!>\!\underset{|}{C} - \underset{\underset{O}{|}}{C}\!<\!\begin{matrix}H \\ R\end{matrix} \xrightarrow[\text{de H}]{\text{Migration}} \begin{matrix}C^6H^5 \\ C^6H^5\end{matrix}\!>\!CH.COR.$$

Nous avons pris successivement pour R le radical méthyle et le radical éthyle. Les deux oxydes d'éthylène correspondants ont été préparés par action de l'acide perbenzoïque (³) respectivement sur le diphényl-1.1-propène-1 (⁴) et sur le diphényl-1.1-butène-1 (⁵).

(¹) STOERMER, *D. Ch. G.*, 39, 1906, p. 2302. — M. TIFFENEAU, *Comptes rendus*, 143, 1906, p. 127.

(²) M. TIFFENEAU, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8ᵉ série, 10, 1907, p. 243. — ZINCKE et ZAHN, *D. Chem. Ges.*, 43, 1910, p. 849.

(³) H. PRILEJAIEFF, *Journ. Soc. Phys. Chim. russe*, 32, 1910, p. 1395. — M. TIFFENEAU, OREKHOFF et J. LÉVY, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 977.

(⁴) MASSON, *Comptes rendus*, 135, 1902, p. 533. — SABATIER et MURAT, *Comptes rendus*, 145, 1912, p. 385.

(⁵) SKRAUP et FREUNDLICH, *Ann. de Lieb.*, 431, 1923, p. 267. — KLAGES, *D. Ch. G.*, 37, 1904, p. 1451.

Oxyde de diphényl-1.1-propène-1 $(C^6H^5)^2C - CHCH^3$ (pont O entre les deux carbones). — Cet oxyde (éb. 178°-180° sous 21^{mm}, F = 34°) s'isomérise par distillation lente à la pression atmosphérique en diphényl-1.1-propanone-2 dont la semicarbazone fond à 165-166°.

Il en résulte qu'il y a donc, dans ce cas, migration exclusive de l'atome d'hydrogène.

Oxyde de diphényl-1.1-butène-1 $(C^6H^5)^2.C - CHC^2H^5$ (pont O entre les deux carbones). — Cet oxyde (Eb. : 170°-175° sous 18^{mm}) s'isomérise par distillation lente à la pression atmosphérique en un mélange de diphényl-.1-1-butanone.2 $(C^6H^5)^2.CHCOC^2H^5$ (semicarbazone, F = 194°-195°) [1] et de diphényléthylacétaldéhyde $(C^6H^5)^2.C(C^2H^5) - CHO$ (semicarbazone, F = 175°-176°) [2] avec prépondérance du produit à fonction cétonique. Il y a donc migration du radical d'éthyle et de l'atome d'hydrogène, mais cette dernière migration l'emporte quantitativement sur la première.

Conclusions. — Dans l'isomérisation des oxydes d'éthylène dérivés des carbures éthyléniques de la forme $(C^6H^5)^2.C = CHR$ la migration de l'hydrogène l'emporte sur celle des radicaux méthyle et éthyle ($R = CH^3$ ou C^2H^5).

Cette migration de l'hydrogène est exclusive pour $R = CH^3$ et seulement prédominante pour $R = C^2H^5$. Cette différence entre le méthyle et l'éthyle peut se concevoir par le fait déjà connu [3] que les aptitudes migratrices de l'éthyle sont supérieures à celles du méthyle et se rapprochent par conséquent de celle de l'hydrogène sans toutefois l'atteindre.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réduction des dérivés nitrés par l'hydrure de calcium.* Note [4] de MM. **J.-F. Durand** et **Sherrill Houghton**, présentée par M. Paul Sabatier.

I. *Dérivés nitrés de la série acyclique.* — Le *nitrométhane* dissous dans l'éther anhydre et traité à froid par CaH^2 pulvérisé donne un vif dégagement d'hydrogène. On recueille très exactement 1 molécule d'hydrogène par

---

(1) Orekhoff, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 25, 1919, p. 183.

(2) M. Tiffeneau et Dorlencourt, *loc. cit.*

(3) M. Tiffeneau et Lévy, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 312.

(4) Séance du 23 mars 1925.

molécule de nitrométhane; ce dernier corps passe à l'état de sel de calcium :

$$2\,CH^3.NO^2 + CaH^2 \rightarrow (CH^2NO^2)^2Ca + 2\,H^2.$$

II. *Dérivés nitrés benzéniques.* — Le *nitrobenzène*, dissous dans la ligroïne Éb. 75°-95°, donne, par ébullition avec CaH^2, un dégagement de vapeurs vertes se condensant en un liquide vert. Le nitrosobenzène a été caractérisé dans ce liquide par sa couleur et par la formation d'azobenzène par l'aniline et l'acide acétique.

En opérant au réfrigérant ascendant, les vapeurs vertes disparaissent bientôt, et, au bout de 2 heures d'ébullition avec un excès de CaH^2, le ballon ne renferme plus que de la chaux et un corps azoté que l'on purifie par entraînement à la vapeur d'eau. Ce corps, cristallisé dans la ligroïne ou un mélange d'alcool et d'eau, forme des aiguilles jaune citron, assez altérables par la chaleur, fondant à 33°-35°, point de fusion qui n'est pas altéré lorsqu'on mélange le corps à de l'azoxybenzène: c'est l'azoxybenzène qui constitue le terme final de la réaction. Cette détermination a été confirmée par un dosage du carbone.

Si l'on pose $M = \frac{1}{2}Ca$, les diverses phases de la réaction sont représentées par les équations

$$1.\quad C^6H^5-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{N}=O + H-M \rightarrow C^6H^5-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{\underset{\underset{\displaystyle H}{|}}{N}}-OM \rightarrow C^6H^5-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{N} + MOH;$$

$$2.\quad C^6H^5-N=O + H-M \rightarrow C^6H^5-\underset{\underset{\displaystyle H}{|}}{N}-OM;$$

$$3.\quad C^6H^5-\underset{\underset{\displaystyle H}{|}}{N}-OM + O{=}N-C^6H^5 \rightarrow C^6H^5-N\underset{O}{\diagdown\!\diagup}N-C^6H^5 + MOH.$$

Cette dernière réaction, entre le nitrobenzène et la β-phénylhydroxylamine (ici, à l'état de dérivé calcique) peut du reste, comme on sait, être effectuée séparément.

Nous avons isolé seulement le nitroso- et l'azoxy-benzène.

La théorie ci-dessus est confirmée par les expériences suivantes :

1° Du *nitrosobenzène*, traité, dans les mêmes conditions, par CaH^2, a fourni, au bout de 2 heures d'ébullition, avec un assez bon rendement, de l'azoxybenzène.

2° De l'*azoxybenzène*, traité de même par CaH^2 dans la ligroïne, est resté inaltéré après 5 heures d'ébullition.

L'action de l'hydrure de calcium sur le nitrobenzène a donc consisté en l'*arrachement* successif des 2 atomes d'oxygène doublement liés à l'azote, le second terme, $C^6H^5—N=$, en présence de $C^6H^5—N=O$, passant à l'état de dérivé azoxyque.

Ces recherches seront étendues à d'autres dérivés, organiques ou minéraux, renfermant les groupes $—NO^2$, $—NO$, $—ClO^4$, $—ClO^3$, $—ClO^2$, ou leurs analogues connus bromés ou iodés.

GÉOLOGIE. — *Sur les phases orogéniques de la chaîne calédonienne scandinave.* Note de M. C. E. **Wegmann**, présentée par M. Émile Haug.

M. E. Argand a fait connaître, il y a plusieurs années, que le plissement des Alpes s'est opéré en phases successives. Des faits semblables ont été observés dans d'autres chaînes de montagnes.

Les indices d'un mouvement en plusieurs phases se sont multipliés également ces derniers temps pour la chaîne calédonienne, de sorte que l'on peut songer, semble-t-il, à les coordonner (1). Que l'on ne nous soupçonne pas de vouloir nier la continuité du plissement; nous tenons simplement à poser quelques jalons pour l'exploration et pour expliquer certains faits.

Le cycle calédonien commence par la transgression cambrienne. Dès le début de l'Ordovicien on constate les premiers témoignages d'un plissement, dont le maximum est atteint dans cette période même. C'est la *phase taconique* (2). Elle est précédée de phénomènes volcaniques intenses et accompagnée d'intrusions ophiolithiques. Les exemples les plus certains peuvent s'observer dans les régions les plus internes de la chaîne, c'est-à-dire le long de la côte norvégienne. Dans l'île de Smölen (63°30′ lat. N.), par exemple, une série de calcaires, de laves, de tufs et de conglomérats fortement plissés est en contact avec des gabbros et des diorites d'âge taconique, qui eux ne montrent que très peu de traces de déformations (3). En de nombreux points les intrusions ophiolithiques sont suivies d'intrusions acides (trondhjemites); elles ne sont pas partout du même âge. Une notable partie des nappes du Nordland, de Tröndelagen et du Vestland semble

(1) Plusieurs tentatives ont été faites dans ce sens, sans le concours des méthodes de la tectonique moderne malheureusement.

(2) Voir Eliot Blackwelder, *A summary of the orogenic epochs in the geologic history of North America* (*Journ. of Geol.*, 22, n° 7, Chicago, 1914, p. 633-654).

(3) Une description détaillée est en préparation.

dater de cette époque, dans les parties internes de la chaîne en particulier. Sur de grandes étendues, les mouvements taconiques sont du type de déformation en profondeur. Il semble qu'une grande partie des schistes cristallins est due à l'adaptation des roches aux conditions physico-chimiques créées par ce mouvement.

La fin de l'Ordovicien et une partie du Gothlandien sont caractérisées par une formation de Flysch. On y constate également des indices d'un nouveau mouvement, qui tend vers un maximum dans la seconde moitié de cette dernière période. C'est la *phase scandinave*. Ses effets se font surtout sentir le long de la résistance constituée par la Fennoscandie. Les mouvements, pour la plus grande partie, se sont produits plus près de la surface que dans la phase précédente. Une partie des roches déformées pendant cette dernière ont été reprises et charriées en nappes du second genre sur l'avant-pays. Les zones de mouvement y sont localisées; elles sont caractérisées pour la plupart par une déformation en mylonites. La grande partie des faits jusqu'ici connus rentrent dans cette phase : charriages du Glint, du Jämtland, de Jotunheim et du Vestland. Dans certaines régions on reconnaît nettement un mouvement profond et un autre plus superficiel permettant une subdivision en une sous-phase norvégienne et l'autre du Jämtland. Grâce aux travaux de M. Goldschmidt [1], le caractère superficiel d'une partie de la phase scandinave est bien connu. Ce savant a en effet montré comment la nappe de Jotunheim avançait sur ses propres détritus. Ce phénomène n'a pas encore été reconnu pour les nappes du Jämtland [2]. Il y aurait peut-être l'indice d'inégales vitesses. C'est à cette phase que l'on doit l'érection de la chaîne en haute montagne.

Pendant le Dévonien se sédimentent des dépôts molassiques. On y constate les témoignages d'une phase orogénique tardive : la *phase brunswickienne* [3]. Ces dislocations passant parfois à de vrais charriages se retrouvent dans les terrains plus vieux, mais il est alors difficile d'en préciser l'âge. Il est probable qu'une partie des diaclases apparaissant dans la direction des fjords, et des cours d'eau appartiennent à cette phase. On ne peut la dater que par analogie avec les autres parties de la chaîne calédonienne, les sédiments postérieurs au Dévonien manquant dans les régions en question.

---

(1) V.-M. Goldschmidt, *Konglomeraterne in den höifjeldskvartsen* (*Norges geol. Undersökelse*, n° 77, Kristiania, 1916, 61 pages, 7 planches. Résumé en allemand).

(2) Il est probable que les conglomérats de Dufed (Jämtland) doivent s'interpréter de cette façon.

(3) Blackwelder, *loc. cit.*

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Types karstiques de transition.* Note (¹) de M. **Iovan Cvijic**, présentée par M. Pierre Termier.

Ces types, surtout celui des Causses, se rapprochent plus du Holokarst que du Mérokarst, et ce rapprochement s'accuse dans une épaisseur plus grande du calcaire permettant le développement des formes karstiques en profondeur. Néanmoins, on voit affleurer les couches imperméables sous-jacentes dans une vallée ou dans une autre, parfois même deux ou plusieurs couches marneuses intercalées dans le calcaire. La nappe d'eau ou la zone aquifère qui sert de niveau de base à l'évolution karstique ne se trouve pas dans une profondeur indéfinie et inconnue comme dans le Holokarst dinarique; par suite, l'évolution karstique est plus vite épuisée. En outre, les vallées normales sont plus fréquentes et elles divisent ces régions dans les blocs calcaires bien délimités, isolés, et surtout moins vastes que ceux du Holokarst dinarique. Ces deux causes font que les plus grandes et les plus profondes formes karstiques, les poljes, manquent presque complètement. Plus on s'approche du type jurassien, plus les formes karstiques deviennent réduites et limitées à des compartiments d'une moindre étendue.

Type des Causses. — Ce sont les plateaux calcaires séparés par des vallées profondes en forme de canyons ou de gorge. Leur surface est plus ou moins aplanie par l'érosion fluviale antérieure à la karstification et l'on y rencontre de-ci de-là des cailloux et des sables quartzeux dispersés qui n'entravent nullement ou très peu l'érosion karstique. Il existe ordinairement un contraste entre les formes de l'intérieur et celles de la surface. Les premières, les grottes et les avens sont très développées et en général plus âgées; elles ont commencé à se former au début de la karstification, au moment où l'érosion karstique fut substituée à l'érosion normale; les rivières étant disparues à la surface, les avens, les anciens gouffres des rivières sont restés presque fossiles. Tandis que les seules formes de la surface, les lapiés et les dolines, sont en général plus jeunes, comme dans les hauts plateaux calcaires des Alpes, où elles ont été créées pour la plupart après la glaciation; sur les autres plateaux, elles sont souvent préglaciaires, mais elles n'ont pas cessé de s'approfondir et de se transformer depuis.

Il y a trois groupes de plateaux karstiques du type Causses bien étudiés :

(¹) Séance du 23 mars 1925.

les grands Causses du Gévaudan et les petits Causses du Quercy, en France, d'où est tiré le nom générique du type en question; les plateaux karstiques de la Péninsule balkanique en dehors du Holokarst dinarique; les hauts plateaux calcaires des Alpes, excepté la Chartreuse et le Vercors, près de Grenoble, qui appartiennent plutôt au type jurassien. Les plateaux calcaires du Bihor, en Roumanie, ainsi que le karst de Slovaquie se rattachent au type des Causses. De ce type se rapproche le plateau d'Il Montello qui, constitué par un conglomérat à ciment calcaire d'âge pliocène ou diluvial, surgit de la plaine de Piave. Hors d'Europe, à ce type appartient probablement le Barkly Tableland en Australie du Nord, constitué des calcaires cambrien et mésozoïque, et les plates-formes de Jawa, du calcaire oligocène, caractérisé par le relief des Cockpits.

Le type jurassien. — Il se rattache aux régions où prédomine l'alternance des couches calcaires et des couches marneuses, celles-ci étant parfois complètement imperméables. Que le terrain soit plissé ou non, il est disséqué par des vallées qui suivent souvent les zones de couches imperméables et recoupent parfois transversalement les zones calcaires. C'est en traversant ces dernières zones qu'elles ont creusé des vallées en gorge; telles les gorges du Doubs, de la Loue et du Dessoubre dans le Jura. Les phénomènes karstiques n'ont pu se développer que sur les blocs calcaires situés entre les vallées normales qui sont assez fréquentes; ils sont donc plus dispersés et plus sporadiques que dans les Causses. Dans ces blocs calcaires peu étendus, les formes du relief karstique ont été souvent attaquées par l'érosion régressive des rivières et ont perdu leurs caractères spéciaux. D'ailleurs les masses calcaires ne sont nulle part très puissantes : dans le Jura, les calcaires solubles et fissurés n'atteignent guère 250^{m} d'épaisseur. Dans la Treskavica, en Bosnie, les dolines les plus profondes sont creusées jusqu'au soubassement du calcaire, les schistes de Werfen; de même dans la montagne de Tara, en Serbie, où le calcaire repose sur la serpentine. Il en résulte que les phénomènes karstiques n'ont pu se développer en profondeur comme dans le Holokarst ou dans le type karstique des Causses; leur évolution karstique s'épuise donc encore plus rapidement.

Il y a un phénomène presque exclusivement lié au type jurassien résultant de l'alternance des couches calcaires avec des couches imperméables. Une rivière après avoir creusé sa vallée à travers les couches calcaires supérieures et les marnes sous-jacentes, s'engage dans les calcaires inférieurs situés au-dessous des marnes; d'où une renaissance du processus karstique à un niveau plus bas.

Les lapiés ou laissines sont rares et n'atteignent nulle part le développement extraordinaire des lapiés du Holokarst dinarique ou des plateaux calcaires des Alpes. Les dolines sont plus fréquentes, mais peu profondes, souvent en forme de baquet. Le trait le plus caractéristique de la morphologie superficielle sont les bassins fermés, correspondant soit aux uvalas, soit aux vallées fermées du Karst dinarique; quoique parfois de dimensions considérables, ces bassins ne semblent offrir les caractères hydrographiques des poljès karstiques. Les formes souterraines du Karst, les jamas et les grottes sont bien développées. Les jamas sont généralement moins profondes que dans le Holokarst dinarique; elles n'atteignent même pas, sauf exception, la profondeur des jamas du type karstique des Causses. Il n'y a aucune grotte dont la longueur s'approche de celle des grandes grottes dinariques. De même les cours d'eau souterrains et leurs résurgences n'atteignent pas la puissance de ces phénomènes dans le Holokarst.

A ce type karstique appartient le Jura, les massifs du Vercors et de la Chartreuse, près de Grenoble; les plateaux s'étendant au-dessus de la source de Vaucluse, entre les crêtes de Lure, de Léberon et le Mont Ventoux, avec leurs nombreuses jamas; les régions de calcaires jurassique et crétacique de Provence avec le bassin fermé du Plan d'Aups et de Cuges. En dehors de France, on peut ranger dans le type jurassien les massifs de calcaires jurassiques et crétaciques du Balkan occidental avec les bassins fermés de Smilovci et de Dragoman, les massifs karstiques dispersés de l'Albanie, ainsi que les parties les plus élevées de la montagne de Jaila, en Crimée; les plateaux karstiques de Puglie et de Murgie formant l'arrière-pays de Bari et de Brindisi en Italie, ainsi que le Monte Gargano, constitués par des calcaires d'âge jurassique et crétacique; enfin les régions des Apennins où apparaissent des noyaux de calcaire crétacique.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Mesures magnétiques dans le sud de la France.* Note de MM. **Raoul Bélus** et **Léon Maurel**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Les mesures magnétiques, dont nous donnons ci-dessous les résultats, ont été effectuées pendant le mois d'août 1924, en vue de l'établissement du nouveau réseau magnétique de la France.

Au cours de notre campagne, nous avons pu exécuter des mesures complètes dans 22 stations réparties dans les départements de l'Aude, de

l'Ariège et des Pyrénées-Orientales, sauf à Saint-Girons, où nos mesures ont dû être interrompues à la suite d'un accident survenu à notre théodolite, et à Foix, où les circonstances atmosphériques défavorables ne nous ont pas permis de faire les visées du Soleil nécessaires à la détermination de la déclinaison.

Parmi les 22 stations visitées par nous, 13 appartiennent au réseau de Moureaux, les 9 autres sont nouvelles.

Le tableau suivant donne les valeurs des éléments magnétiques D, I et H, rapportées suivant la méthode habituelle au 1er janvier 1922.

Les noms des stations nouvelles sont en italique.

Stations.	D.	I.	H.	Situation magnétique.
Ariège :				
Auzat	11°.38′,1	59°.20′,5	0,22541	presque calme
Foix	〃	59.38,5	0,22438	calme
Mazères	11.29,9	59.52,2	0,22350	presque calme
Mirepoix	11.31,2	59.34,3	0,22396	calme
Pamiers	11.39,2	59.39,9	0,22458	calme
Saint-Girons	11.51,4	〃	〃	presque calme
Saverdun	11.41,4	59.48,9	0,22349	calme
Savignac	11.27,5	59. 8,7	0,22679	un peu agitée
Tarascon-sur-Ariège	11.36,1	59.25,8	0,22385	presque calme
Aude :				
Carcassonne	11.26,2	59.42,2	0,22435	calme
Castelnaudary	11.35,3	59.49,5	0,22312	calme
Limoux	11.27,4	59.34,5	0,22459	calme
Narbonne	11. 4,2	59.39,2	0,22451	presque calme
La Nouvelle	11. 5,1	59.23,4	0,22543	presque calme
Pyrénées-Orientales :				
Argelès-sur-Mer	10.57,9	59. 1,0	0,22771	presque calme
Cerbère	11. 2,7	58.57,5	0,22848	un peu agitée
Ceret	11. 8,5	58.58,5	0,22801	calme
Millas	11. 8,7	59. 7,8	0,22680	presque calme
Prades	11.17,8	59. 8,9	0,22660	presque calme
Port-Vendres	11. 4,4	59. 0,0	0,22769	un peu agitée
Perpignan	11. 1,9	59.10,2	0,22673	presque calme
Saint-Paul-de-Fenouillet	11.18,2	59.17,4	0,22631	calme

Les résultats obtenus semblent se répartir d'une façon assez régulière et nous n'avons constaté aucune anomalie, ce qui était à prévoir, les couches géologiques de la région étant composées de roches assez peu magnétiques.

Nous nous attendions à une légère perturbation à Auzat, qui se trouve à $2^{km},500$ de Vicdessos, où des mines de fer sont en exploitation. Il n'en a rien été, ce qui prouve qu'à peu de distance l'influence de ce minerai sur les aimants est négligeable.

Nous avons comparé les valeurs obtenues ci-dessus pour les 13 stations de l'ancien réseau magnétique, avec celles obtenues par Moureaux, et rapportées au 1er janvier 1896. Le rapprochement de ces deux résultats nous a permis de déduire les variations séculaires des éléments magnétiques pour la période 1896,0-1922,0. La valeur moyenne de ces variations pour l'ensemble des stations est la suivante :

$\Delta D = -2°52'$ (valeurs extrêmes : $-2°59'$ et $-2°47'$),
$\Delta I = -0°55'$ (valeurs extrêmes : $-1°2'$ et $-0°50'$),
$\Delta H = +0,0037$ (valeurs extrêmes : $+0,0044$ et $+0,0034$).

Si l'on se réfère aux valeurs moyennes obtenues dans des mesures analogues faites antérieurement par d'autres observateurs en diverses régions de la France, il apparaît très nettement que la variation séculaire des éléments magnétiques est fonction de la latitude du lieu. L'inclinaison et la composante horizontale accusent une augmentation de leurs variations respectives ΔI et ΔH à mesure que l'on se rapproche de l'équateur. Les variations séculaires de la déclinaison, par contre, subissent surtout l'influence de la longitude.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Homologies foliaires chez la Violette odorante : sépales et pétales.* Note (1) de M. P. **Bugnon**, présentée par M. Guignard.

Dans la première partie de cette étude (2), j'ai assimilé les *bractées* de la Violette odorante à des *phyllodes de base foliaire*. Pour abréger le langage, je désignerai dorénavant ces phyllodes par le terme d'*hypophyllodes* (3).

Par leur forme et leur nervation d'ensemble, par les appendices capités-glanduleux qui les bordent, au moins partiellement, les *sépales* sont évidemment homologues des bractées; ce sont aussi des *hypohyllodes*.

---

(1) Séance du 23 mars 1925.

(2) P. Bugnon, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 682.

(3) Phyllodes dont la lame provient de la région correspondant à l'*hypopodium* de Bower (*Blattgrund* d'Eichler). Si l'on voulait, par raison de symétrie, généraliser cette terminologie, les *phyllodes sensu stricto*, dont la lame provient du pétiole, ou région du *mesopodium* de Bower, seraient des *mésophyllodes*.

L'appendice qui les prolonge vers le bas en fait, selon l'expression de C. de Candolle [1], des *phyllomes hypopeltés*. Ils ont d'ailleurs été cités en exemples à ce sujet par l'auteur [2].

De Candolle s'est étonné, sans en trouver de raison plausible, que la disposition hypopeltée n'affecte que le limbe des feuilles végétatives. L'interprétation que je viens d'accorder aux sépales des Violettes permet à la fois de saisir l'explication qui a échappé à de Candolle et de comprendre pourquoi il ne l'a pas entrevue. C'est l'emploi des termes ambigus de limbe et de pétiole qui l'a égaré. En appliquant, par exemple, à la lame de la feuille du Ricin et à celle du sépale de Violette le même terme de limbe, il était contraint de voir en elles des organes homologues : or, le premier est un vrai limbe (partie supérieure du lobe pétio-limbaire, de l'« Oberblatt » d'Eichler, région de l'*épipodium* de Bower), tandis que le second correspond à la base foliaire (« Blattgrund » d'Eichler, région de l'*hypopodium* de Bower).

Il paraît vraisemblable que, dans tous les cas, l'appendice basal qui détermine la disposition hypopeltée est un prolongement dorsal inférieur d'une base foliaire, et que l'organe pétioliforme qui peut écarter l'écusson de l'axe n'est pas homologue des vrais pétioles, suprastipulaires; il y a avantage à désigner dorénavant ces pseudo-pétioles par le terme de *pododes*, comme on désigne les pseudo-limbes par celui de *phyllodes*.

Les pétales et les sépales ont un certain nombre de caractères communs importants. Leur appareil conducteur, à trois faisceaux principaux, fournit une trace trifasciculée qui se comporte, en définitive, comme celle d'une feuille végétative ordinaire, à la différence près que, dans la fleur, la disposition phyllotaxique est verticillée; il y a dix orthostiques, correspondant aux faisceaux médians des dix pièces, en deux verticilles alternes, du périanthe; les faisceaux latéraux de chaque pièce pénètrent dans l'appareil conducteur de l'axe, comme dans les rosettes de feuilles végétatives, au niveau des orthostiques situés de part et d'autre de celui du faisceau médian, mais ici aux extrémités d'un arc de 72° seulement.

Comme les sépales, les pétales peuvent se transformer tératologiquement en pièces trilobées, plus ou moins semblables aux feuilles végétatives [3].

Ces faits suffisent à faire rejeter l'interprétation de Glück [4] suivant laquelle les pétales seraient homologues du limbe seulement de la feuille végétative.

Leur nervation les éloigne néanmoins des sépales; les trois faisceaux principaux se ramifient, en dichotomie régulière ou plus ou moins altérée par sympodisation, avant d'atteindre le sommet; ils s'épanouissent ainsi en fascicules arborescents, les deux latéraux plus largement que le médian, au lieu de converger et de se réunir à l'apex. Tout se passe comme si les trois lobes primordiaux, au lieu de s'atrophier comme dans les sépales, s'étaient développés en concrescence, la base foliaire ne prenant qu'un

---

(1) C. de Candolle, *Sur les phyllomes hypopeltés* (*Bull. Soc. bot. Genève*, 1895-1897, n° 8, 1897, p. 61-69).

(2) C. de Candolle, *Sur les feuilles peltées* (*Ibid.*, 1898-1899, n° 9, 1899. p. 1, note 2).

(3) Voir en particulier le travail de Gerbault : *Observations sur quelques pélories de la Violette* (*Bull. Soc. linn. Norm.*, 6e série, 3, 2e Partie, 1910, p. 63).

(4) H. Glück, *Blatt- und blütenmorphologische Studien*, Jéna, 1919, p. 464-465.

faible développement. Il ne s'agit donc pas ici d'*hypophyllodes*, mais de ces *phyllodes d'ébauche foliaire* tels que ceux qui constituent, par exemple, les cotylédons du *Lupinus augustifolius* (¹). Pour abréger le langage, j'emploierai dorénavant le terme de *protophyllodes* pour désigner ces phyllodes qui proviennent du développement en lame de toute une ébauche foliaire, mais surtout de sa région supérieure, virtuellement lobée, et dans laquelle les lobes n'arrivent pas à se différencier nettement; la base d'un *protophyllode* peut d'ailleurs s'allonger en *podode*.

La nervation des protophyllodes permet en général de distinguer les régions de la lame qui correspondent aux divers lobes constitutifs. Dans les cotylédons du *Lupinus angustifolius*, la présence d'un nodule de tissu spécial, analogue à celui des renflements moteurs de la base du limbe chez les feuilles végétatives, m'a permis en outre de déterminer la région de la lame correspondant à la base du lobe pétio-limbaire. Dans les pétales de la Violette, une autre particularité permet également de fixer la place de la région pétiolaire dans le lobe médian : c'est la présence d'un éperon.

Les fleurs pélorieés de Violettes fournissent la preuve que tous les pétales sont capables d'être éperonnés au même titre que le pétale médian. Ces éperons sont bien différents des appendices basilaires des sépales : alors que le faisceau médian des sépales ne subit aucune déviation et n'envoie même aucune ramification dans ces appendices, qui dépendent donc uniquement des faisceaux latéraux et marginaux pour leur nervation, l'éperon des pétales, tardivement formé comme une dépression de plus en plus profonde sur une lame d'abord plane, n'intéresse que la région médiane et le faisceau médian de la lame. L'éperon, produit d'un accroissement intercalaire tardif de la base du lobe pétio-limbaire, en est la région pétiolaire. C'est là, à ma connaissance, la première interprétation purement morphologique de cet organe. Pour avoir assimilé à tort le pétale entier au limbe de la feuille végétative, Glück (*loc. cit.*) n'a pu voir dans l'éperon qu'un organe *sui generis*.

En résumé, les *sépales* de la Violette odorante sont des *hypophyllodes*; ses *pétales* sont des *protophyllodes* et l'*éperon* qu'ils peuvent porter est homologue du *pétiole* de la feuille végétative.

MYCOLOGIE. — *Sur la spécificité vis-à-vis de leurs supports des Champignons du groupe du* Pleurotus Eryngii. Note de M. **L. Lutz**, présentée par M. Guignard.

L'attention a été appelée, au cours de ces dernières années, sur les Pleurotes des *Eryngium* par diverses communications de Costantin (²), Offner et Heim (³), etc. Le premier de ces auteurs a étudié sous le nom de

(¹) P. Bugnon, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1732.
(²) Costantin, *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 537; 177, 1923, p. 849 et 921.
(³) Offner et R. Heim, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 412.

Pleurotus Hadamardi un Pleurote croissant en Vanoise sur l'*E. alpinum*. Les seconds considèrent ce Champignon comme une forme stationnelle du *P. Eryngii*; ils le rapprochent de celui qui pousse au Lautaret, sur le *Laserpitium latifolium* et que Riel, Saccardo, etc., ont identifié au *P. nebrodensis* de la région méditerranéenne.

J'ai étudié la spécificité du Pleurote du Lautaret et du *Pleurotus Eryngii* type (isolé en partant de Pleurotes récoltés par moi-même aux environs de Douarnenez) vis-à-vis des *Eryngium alpinum*, *E. campestre* et *E. maritimum*, du *Laserpitium latifolium* et de plusieurs Ombellifères n'ayant jamais été considérées comme supports possibles des Pleurotes : *Apium graveolens*, *Sium latifolium*, Céleri-rave cultivé.

L'expérimentation consiste comme d'habitude en une double série de cultures de chacun des Pleurotes : 1° sur échantillons simplement imbibés d'eau et stérilisés; 2° sur échantillons délavés par macération de 15 minutes dans 50^{cm^3} d'eau et à l'autoclave à 120°.

M. R. Heim, qui m'a procuré les pieds de *Laserpitium* parasités provenant du Lautaret, ayant remarqué que les carpophores ne se montraient que sur les souches vieilles d'un an et jamais sur les plantes de l'année, j'ai fait à cet égard une double expérimentation.

Les résultats des cultures sont résumés ci-après : le signe + indique les cultures positives, le signe o l'insuccès.

1° *Pleurote du Lautaret.*

	Échantillons simplement imbibés d'eau.	Échantillons délavés.
E. alpinum, tige aérienne de l'année (base)	o	+
E. alpinum, tige aérienne de l'année (milieu)	o	+
E. alpinum, souche de l'année.	traces	+
E. campestre (Briançon) souche.	o	+
E. campestre (env. de Cherbourg) souche	traces	+
E. maritimum, tige	faible mais nette	+
E. maritimum, souche	o	+
Laserpitium, tige souterraine de l'année	o	+
Laserpitium, tige souterraine d'un an	+	+
Laserpitium, tige aérienne de l'année	o	+
Apium graveolens, tige fraîche.	o	+ (fructifie)
Apium graveolens, racine fraîche	traces	+ (fructifie)
Sium latifolium, tige fraîche..	faible	+
Céleri-rave, racine fraîche	+	+ (vigoureuse, fructifie)

2° *Pleurotus Eryngii type.*

	Échantillons simplement imbibés d'eau.	Échantillons délavés.
E. campestre, tige	traces	+
E. campestre, racine	+	+ (vigoureuse, fructifie)
E. maritimum, tige	faible	+
E. maritimum, racine	o	+ (vigoureuse, fructifie)
E. alpinum, tige	traces	+ (faible)
E. alpinum, souche	o	+ (vigoureuse, fructifie)
Laserpitium, tige aérienne de l'année	faible	+ (assez bien)
Laserpitium, tige souterraine de l'année	+	+ (vigoureuse)
Laserpitium, tige souterraine d'un an	+	+ (bien)
Apium graveolens, tige fraîche.	o	+ (fructifie)
Apium graveolens, racine fraîche	+ (assez bien)	+ (vigoureuse, fructifie)
Sium latifolium, tige fraîche.	+	+
Sium latifolium racine fraîche.	+	+ (vigoureuse)
Céleri-rave	+ (vigoureuse, fructifie)	+ (vigoureuse, fructifie)

Ces résultats montrent un parallélisme complet entre les deux séries de cultures, le *Pleurotus Eryngii* type étant seulement plus vigoureux et capable de s'installer sur certains supports convenant médiocrement au Pleurote du Lautaret. Avec ce dernier, exception faite pour la tige souterraine d'un an du *Laserpitium latifolium* et la racine du Céleri-rave, tous les échantillons utilisés après une simple imbibition d'eau n'ont donné que des cultures très faibles ou nulles, tandis que les mêmes échantillons délavés en ont fourni de vigoureuses dont un certain nombre même ont fructifié.

Il restait à démontrer que les Pleurotes étudiés sont capables de se développer sur des plantes appartenant à des familles autres que les Ombellifères.

L'expérience a été faite pour le *Pleurotus Eryngii* sur Topinambour, puis sur divers bois : Hêtre, aubier de Chêne, aubier de Gaïac. Le Topinambour a été cuit à la vapeur sans délavage préalable, puis stérilisé. Les bois ont été soumis au délavage avant stérilisation. Le Champignon s'est développé vigoureusement sur le Topinambour et le bois de Gaïac, bien sur le Hêtre et le Chêne.

On peut noter en passant que le Topinambour a bruni et que le Gaïac s'est fortement coloré en vert, ce qui indique une sécrétion d'oxydases par le Champignon. Je reviendrai ultérieurement sur cette particularité.

Quant au Pleurote du Lautaret, sa culture a été essayée sur Topinambour et a donné un résultat positif, également avec brunissement du milieu.

La conception d'une spécificité régie par la présence ou l'absence de substances antagonistes, qui découlait déjà des essais faits précédemment avec les Champignons lignicoles, trouve donc avec les Pleurotes une confirmation complète. Les exceptions fournies par le Céleri-rave et le Topinambour s'appliquent à des plantes horticoles que la culture a privées en grande partie des substances âcres et aromatiques : elle confirme donc en réalité la règle générale. En outre, les observations qui précèdent, jointes à celles faites sur les Champignons lignicoles, montrent que les Champignons épiphytes se conduisent vis-à-vis de leur supports bien plutôt comme des saprophytes que comme de véritables parasites (¹).

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Le rhamnicoside, glucoside nouveau, générateur du vert de Chine, retiré de l'écorce de tige du Nerprun purgatif.* Note de MM. M. **Bridel** et C. **Charaux**, présentée par M. L. Guignard.

Dans une Note précédente (²), nous avons montré que l'écorce du Nerprun purgatif renfermait un complexe glucosidique instable, qui se dissociait sous l'action de l'eau à froid en fournissant, entre autres, un glucoside cristallisé en aiguilles, insoluble dans l'eau, le rhamnicoside.

On peut préparer le rhamnicoside par dissociation du complexe, mais le rendement est faible, le complexe n'en fournissant que 13,62 pour 100. Il vaut mieux traiter la poudre, à l'ébullition, par l'alcool à 90°, évaporer la solution alcoolique obtenue et reprendre le résidu par l'eau bouillante. Après un repos de plusieurs jours, on recueille le rhamnicoside qui a cristallisé; 100g d'écorce sèche en fournissent 4g environ. On purifie le rhamnicoside par cristallisation dans 40 fois son poids d'eau bouillante. Les cristaux sont lavés à l'alcool et à l'éther et séchés à l'air.

(¹) J'ai omis involontairement, dans un précédent travail (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 532), de citer Viala et Pacottet parmi les auteurs ayant réussi la culture de certains Champignons Hyménomycètes. Ces savants ont cultivé plusieurs parasites de la Vigne sur bouillon de Haricots, plus ou moins enrichi par addition de divers sels minéraux ou substances organiques (*Revue de Viticulture*, 21, 1904, p. 117; 22, 1904, p. 117; 34, 1910, p. 379, etc.). Ce milieu rentre ainsi dans la catégorie des dérivés de milieux naturels, mais en raison de son enrichissement artificiel, il méritait une mention spéciale.

(²) *Sur un complexe glucosidique instable de l'écorce de tige du Nerprun purgatif* (Rhamnus cathartica *L.*) (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 857).

Le rhamnicoside se présente sous la forme d'une poudre blanc grisâtre, constituée par de fines aiguilles incolores. Il est inodore et sa saveur est crayeuse, puis très fortement amère. Il renferme 10,61 à 10,84 pour 100 d'eau qu'il perd à + 60° dans le vide. Il ne possède pas de point de fusion net. Il est lévogyre, $\alpha_D = -78°,12$ ($p = 0,0480$; $v = 15$; $l = 2$; $\alpha = -30'$) en solution dans l'alcool à 70°. Il est peu soluble dans l'alcool à 90° ou à 70°, très peu soluble dans l'acétone, l'éther acétique, l'eau, qui n'en dissout que $0^g,03$ pour 100^g à la température ordinaire.

L'action des alcalis est tout à fait intéressante, car c'est elle qui prouve que le rhamnicoside est le générateur du vert de Chine ou Lokao.

Le rhamnicoside se combine à froid à la soude, la potasse, l'ammoniaque, la chaux, la baryte pour donner des sels cristallisés peu solubles dans l'eau.

Pour obtenir le sel de sodium, on triture, dans un mortier, 10^{cm^3} de solution de soude à 4^g pour 100^{cm^3} avec $1^g,50$ de rhamnicoside, à + 20°-30°, en ayant bien soin d'opérer à l'obscurité. On filtre. La solution limpide laisse déposer des cristaux à peu près incolores, qui sont d'une sensibilité extrême à la lumière. La solution aqueuse de ces cristaux reste incolore tant qu'on la garde à l'obscurité. Si on l'expose à la lumière solaire, elle se colore très rapidement en violet intense, la coloration commençant à la surface et gagnant peu à peu tout le liquide. La coloration obtenue est très stable.

Ces solutions incolores peuvent servir à teindre les tissus de coton ou de soie. Il suffit d'en imprégner les tissus et de les faire sécher à la lumière. On peut également teindre avec la solution violet bleu.

Si on laisse évaporer la solution violet bleu, lentement à l'air, il se dépose un produit de couleur verte, puis le liquide laisse un résidu violet. On obtient un vert plus net avec les solutions des sels de calcium et de baryum qu'avec celles des combinaisons alcalines.

Le vert de Chine s'obtient en faisant évaporer à l'air une décoction d'écorce de Nerprun additionnée d'eau de chaux, et les Chinois teignaient des étoffes en les imprégnant du mélange ci-dessus incolore et en les faisant sécher à l'air.

Il ne peut y avoir de doute à ce sujet maintenant : le produit générateur du vert de Chine est le glucoside que nous venons de décrire, qui donne des colorations si intenses en milieu alcalin, en présence de l'air et de la lumière.

Le rhamnicoside est légèrement réducteur : 1^g de produit anhydre réduit comme $0^g,206$ de glucose.

Analyse élémentaire. — 1° $0^g,1976$ de rhamnicoside séché à l'air ont

donné $0^g,1087$ d'eau et $0^g,3415$ de gaz carbonique. H = 6, 10 pour 100; C = 47, 13 pour 100; 2° $0^g,2097$ ont donné $0^g,1130$ d'eau et $0^g,3628$ de gaz carbonique. H = 5,98 pour 100; C = 47,18 pour 100.

La détermination du poids moléculaire par cryoscopie n'a pu être faite à cause de la trop faible solubilité du rhamnicoside.

Par hydrolyse sulfurique, on obtient 47,41 pour 100 d'un produit cristallisé, insoluble dans l'eau, le *rhamnicogénol*, et 57,36 pour 100 d'un mélange en proportions équimoléculaires de glucose et de xylose. Ces deux sucres ont été obtenus à l'état pur et cristallisé.

L'eau, à l'ébullition, possède la propriété de dédoubler le rhamnicoside. Il se forme un produit cristallisé insoluble, le rhamnicogénol, tandis que le glucose et le xylose restent combinés sous forme de primevérose. Le primevérose, provenant de l'hydrolyse du rhamnicoside par l'eau bouillante, a été obtenu à l'état pur et cristallisé et caractérisé par son pouvoir rotatoire stable ($\alpha_D = -3°,95$), son pouvoir réducteur (0,644) et son indice de réduction (488).

Nous proposons pour le rhamnicoside, séché à l'air, la formule $C^{26}H^{30}O^{15}, 4H^2O$ qui concorde avec les résultats de l'analyse élémentaire et qui permet de donner une formule de dédoublement conforme aux résultats de l'hydrolyse sulfurique.

	Trouvé pour 100.		Calculé.
Eau	10,61	10,84	11,00
C	47,13	47,18	47,70
H	6,10	5,98	5,81

La formule du dédoublement acide est la suivante :

$$\underset{\text{Rhamnicoside (582)}}{C^{26}H^{30}O^{15}} + H^2O = \underset{\text{Glucose (180)}}{C^6H^{12}O^6} + \underset{\text{Xylose (150)}}{C^5H^{10}O^5} + \underset{\text{Rhamnicogénol (288)}}{C^{15}H^{12}O^6}$$

Il se forme, d'après cette équation, 49,48 pour 100 de rhamnicogénol (trouvé : 47,41) et 56,70 pour 100 du mélange équimoléculaire de glucose et de xylose (trouvé : 57,36).

Le rhamnicoside n'existe pas seulement dans l'écorce du *Rhamnus cathartica* L. Nous l'avons retiré de l'écorce de *Rhamnus utilis* Dcne; de *R. italica* (Horticole); de *R. infectoria* L.; de *R. saxatilis* Jacq.; de *R. oleoides* L.

Il n'existe pas dans les écorces de *Rhamnus Frangula* L.; *R. alpina* L.; *R. Alaternus* L.; *R. japonica* Maxim.; *R. Billardii* (Horticole); *R. imeretina* (Horticole).

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le mode d'alimentation des Broméliacées sans racines.* Note de M. **Raphaël Dubois**, présentée par M. Henneguy.

Certaines Broméliacées de l'Amérique du Sud rangées parmi les plantes épiphytes, bien qu'elles puissent vivre autrement que fixées à des végétaux, ne possèdent pas de racines ni de suçoirs leur permettant de puiser leurs aliments dans le sol ou sur des plantes parasitées. C'est pour cette raison que les hispano-américaines les appellent « fleurs de l'air ».

On a émis plusieurs hypothèses pour expliquer comment ces plantes vertes peuvent se passer de cet organe, essentiel pour l'existence des autres, qu'est la racine. Les explications proposées jusqu'ici ayant été estimées insuffisantes ou inexactes, il en est survenu une dernière de date relativement récente ([1]).

D'après son auteur, les Broméliacées épiphytes se nourrissaient au moyen de débris végétaux et d'Insectes englués par une sécrétion gommeuse des feuilles ou bien noyés dans des mares, sorte de réservoirs toujours remplis d'une eau qui ne se corrompt pas, pouvant même renfermer une riche faune normale vivante. Les Broméliacées épiphytes absorberaient non seulement les sels minéraux, mais encore les substances ternaires et protéiques. Ces dernières proviendraient des végétaux et des animaux retenus par la plante et *digérés* par une amylase et une trypsine contenues dans la gomme qu'elle sécrète. Les produits de cette digestion, constitués en partie par des acides aminés, seraient absorbés par les « écailles » garnissant la surface des feuilles.

Cette nouvelle explication ne peut aucunement s'appliquer à une Broméliacée sans racine que j'observe depuis plus de quinze ans à Tamaris-sur-Mer, où elle vit en plein air et en toute saison, simplement suspendue en l'air par un fil de fer, ce qui ne l'empêche pas de se développer et de fleurir chaque année. Cette Broméliacée est originaire de l'Uruguay, c'est *Tillandsia dianthoides* Rossi. Elle ne possède aucune « mare », aucun réservoir d'eau, ne sécrète pas de gomme renfermant de l'amylase et de la trypsine et ne digère ni les plantes, ni les Insectes qu'elle ne saurait capturer. Ce que les botanistes appellent des écailles ou « lépidotes » ne sont pas des écailles, mais d'élégantes petites corbeilles en rapport avec des groupe-

---

([1]) M.-C. Picado, *Sur la nutrition des Broméliacées épiphytes* (*Comptes rendus*, 154, 1912, p. 607).

ments cellulaires profonds; l'ensemble rappelant les stomates aquifères des Népenthès et pouvant servir d'organe de sécrétion et d'absorption.

Dans ces petits réceptacles, dont j'ai donné des figures et une description [1], j'ai constaté la présence non seulement de grains minéraux amorphes et de cristaux, mais encore de Champignons inférieurs : Bactériacées, Levures, spores, filaments cloisonnés. Ces derniers ont attiré plus spécialement mon attention par leur présence constante en toute saison et leur abondance relative. J'ai pu les cultiver et les obtenir à leurs divers degrés de développement, ce qui a permis leur détermination, que je dois à MM. Dufrenoy et Arnaud. Ils appartiennent à des Hyphomycètes de la famille des Tuberculariées et du genre *Volutella*. L'espèce n'en est pas encore fixée.

Les Volutelles se cultivent facilement dans des tubes à réservoirs d'eau renfermant des tranches de carottes, de pommes de terre, de navets, de troncs de choux et sur le pain cuit et humide. De ces cultures, j'ai pu extraire des cristaux semblables à ceux que j'avais rencontrés dans les corbeilles. Ils sont solubles dans l'eau, la glycérine, l'alcool, mais leur mélange avec d'autres produits également cristallisables extraits simultanément de mes cultures ne m'a pas permis encore d'en déterminer la nature chimique. Les Volutelles n'étant pas considérés par les mycologues comme des Champignons parasites, il s'agit certainement d'un processus de symbiose dans lequel le Champignon fournit à la plante verte les aliments azotés qu'elle ne saurait retirer directement de l'air en assez grande quantité. Des expériences que je ne puis, faute d'espace, décrire dans cette Note permettent de penser que ce sont les Volutelles qui puisent directement dans l'air l'azote nécessaire au *Tillandsia* dont ils sont les hôtes intéressés; d'autre part, si l'on pouvait provoquer une semblable symbiose chez tous nos végétaux verts domestiques, la culture et l'engrais, si onéreux aujourd'hui, ne seraient plus nécessaires, ce qui constituerait une grande révolution économique par le mutualisme.

Pour le moment, ce qu'il convient surtout de retenir, c'est qu'il n'y a aucune raison pour considérer *Tillandsia dianthoides* et sans doute les autres Broméliacées dites épiphytes, comme des végétaux carnivores, pas plus d'ailleurs que ceux que l'on a continué de considérer comme tels, ainsi que je l'ai démontré expérimentalement [1].

---

(1) *La légende des plantes carnivores et le mode d'alimentation des Tillandsia* (*Ann. de la Soc. linn. de Lyon*, 64, 1917, p. 1-40).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'absorption sélective du potassium par les plantes.* Note (¹) de MM. G. **André** et E. **Demoussy**, présentée par M. Lindet.

Les plantes terrestres renferment toujours beaucoup plus de potassium que de sodium. Péligot avait même cru pouvoir affirmer que la soude est totalement absente d'un grand nombre d'espèces végétales. Quoique cette opinion soit trop absolue, il est certain que les sels de potassium sont absorbés en plus forte proportion que ceux de sodium, ainsi que l'ont bien mis en évidence les anciennes observations de Dehérain et celles, plus récentes, de Demoussy. Si cette accumulation sélective peut être rapprochée du rôle physiologique, mal connu mais indiscutable, que joue le potassium dans les synthèses végétales, on ne saurait trouver là une explication. Aussi a-t-on imaginé, à plusieurs reprises, qu'il existait dans les tissus végétaux des combinaisons particulières du potassium, plus stables ou moins solubles que celles que formerait le sodium : on les a vainement cherchées.

Il nous a paru que la plus grande diffusibilité des sels de potassium pourrait rendre compte de cette absorption préférentielle. Au premier abord, il semblerait que les vitesses de diffusion des sels de potassium et de sodium — qui sont entre elles comme 100 et 84 — soient trop voisines pour que l'on puisse y trouver la solution du problème. Mais une expérience ancienne de Graham (²) montre que, en fait, la diffusion permet de réaliser une séparation très avancée de ces deux métaux. A la partie inférieure d'un vase cylindrique, contenant de l'eau distillée, Graham fait arriver lentement une solution à poids égaux de chlorures de potassium et de sodium. Sept jours après, il partage, par siphonnement, la colonne liquide en tranches de même volume, et procède à leur analyse. Il constate la présence d'un grand excès de potassium à la partie supérieure, où le rapport des deux chlorures peut dépasser 4. Ce rapport diminue à mesure que la tranche liquide examinée est située plus bas et, à la partie inférieure, c'est le sodium qui domine : il s'est produit une *diffusion fractionnée*, comparable à une distillation. En outre, d'une telle solution mixte, le potassium diffuse plus vite que s'il était seul ; le cheminement du sodium, au contraire, est retardé.

(¹) Séance du 16 mars 1925.

(²) *Chemical and physical Researches*, p. 565; *Phil. Trans.*, 151, 1861, p. 183.

Si dans une masse végétale gorgée d'eau le passage des sels suit la même loi, on doit pouvoir y retrouver la trace d'un pareil fractionnement. C'est ce que nous nous sommes proposé de vérifier. Une foule de causes peuvent évidemment troubler cette répartition. Pour les réduire au minimum, nous nous sommes adressés à une racine volumineuse de plante annuelle, celle de la betterave. Ce n'est certes pas une masse homogène, et il serait excessif de l'assimiler à une masse d'eau immobilisée au sein des liquides du sol. Néanmoins, un certain rapprochement est permis, et nous avons examiné comment varie le rapport du potassium au sodium lorsque, dans cette racine, on passe du centre à la périphérie.

Toutes les betteraves ne se prêtent pas à cette expérience, certaines d'entre elles contiennent si peu de sodium que les comparaisons sont illusoires. Chez les betteraves sucrières, la faible minéralisation et la grande richesse en sucre rendent les opérations très pénibles et peu sûres. Les betteraves fourragères nous ont fourni un meilleur matériel. Leurs racines sont sectionnées en disques de 2cm d'épaisseur et, dans chaque disque, on découpe trois zones concentriques que nous appellerons : zones intérieure, moyenne, extérieure. Après dessiccation, les échantillons sont pulvérisés, et une fraction est analysée. On détruit la matière organique, soit par l'acide azotique, soit par incinération à température peu élevée alternant avec des lavages à l'eau bouillante; il importe, en effet, d'éviter les pertes d'alcalis par volatilisation. La potasse et la soude sont séparées par les méthodes classiques; plusieurs dosages étant effectués sur des poids de substance différents.

Voici les résultats obtenus à deux époques de la végétation, au 31 juillet et au 31 octobre 1924; les nombres inscrits ci-joint représentent les poids de potassium et de sodium pour 100 de matière sèche, et le rapport de ces poids :

	Zone extérieure.			Zone moyenne.			Zone intérieure.		
	K.	Na.	$\frac{K}{Na}$.	K.	Na.	$\frac{K}{Na}$.	K.	Na.	$\frac{K}{Na}$.
31 juillet...	2,69	0,31	8,7	4,63	0,46	10,0	5,0	0,36	13,9
31 octobre..	3,19	0,42	7,6	3,70	0,46	8,0	3,73	0,46	8,1

A la date du 31 juillet, nous remarquons la même gradation que dans l'expérience de Graham : le potassium est en excès d'autant plus grand sur le sodium que la zone examinée est plus éloignée de la solution initiale, ici les liquides du sol. Ces rapports sont entre eux comme 100, 72 et 63. Plus tard, au moment de la récolte (31 octobre), ces différences ne sont

plus sensibles; les rapports sont très voisins et varient comme 100, 99 et 96. La répartition saline est à peu près la même dans les trois zones. Par suite du ralentissement de la végétation, l'homogénéité, état final de la diffusion, tend à s'établir.

Il faudrait se garder de généraliser de pareils résultats, car bien des causes peuvent intervenir pour changer constamment la composition minérale, telles que : appels par les parties aériennes, variation de la teneur du sol en eau et en sels, etc. Les observations rapportées dans la présente Note nous paraissent cependant être en faveur de l'hypothèse que nous formulions, à savoir que l'absorbtion sélective du potassium tient à la grande mobilité de ce métal, supérieure à celle de tous les autres métaux.

AGRONOMIE. — *Essais comparatifs entre l'efficacité de l'azote nitrique, employé seul, sur les récoltes, et l'azote ammoniacal en présence de stérilisants partiels du sol.* Note (1) de MM. **Gustave Rivière** et **Georges Pichard**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Dès l'année 1882, l'un de nous (2), contrairement à l'opinion généralement admise à cette époque, faisait déjà remarquer que le nitrate de sodium appliqué au blé d'hiver et à l'orge de printemps procurait, à poids égal, des rendements en grain et en paille le plus souvent supérieurs au sulfate d'ammoniaque, quoique celui-ci contînt 5 pour 100 d'azote de plus que celui-là.

En 1924 nous avons repris ces expériences en utilisant les résultats de nos recherches relatives aux substances qui, jouissant de la propriété de modifier profondément la faune et la flore du sol (3), ont une répercussion indirectement favorable sur la végétation et, par suite, sur les rendements de récolte des plantes de grande culture.

Aussi, cette fois, au lieu de comparer simplement l'efficacité du nitrate de sodium et du sulfate d'ammoniaque appliqués, *à poids égaux*, nous n'avons fait usage que de doses égales d'azote, mais en associant toutefois

---

(1) Séance du 23 mars 1925.

(2) *Conférences agricoles*, par Gustave Rivière, professeur départemental de la Mayenne (Moreau, imprimeur à Laval, 1882) : Résultats des expériences exécutées sur le domaine de M. Daudier, président du Comice agricole de Craon (Mayenne).

(3) *La stérilisation partielle du sol* (*Ann. de la Science Agronomique française et étrangère*, juillet et août 1924, n° 4, p. 251 ; *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 493).

une certaine quantité d'arséniate de sodium ou de sulfite de calcium au sulfate d'ammoniaque, en vue de hâter, après sa transformation en carbonate, sous l'influence du calcaire contenu dans le sol, la nitrification de ce sel et d'atteindre des résultats semblables à ceux que l'on obtient au moyen du nitrate de sodium.

En opérant ainsi nous pensions, par la destruction d'un grand nombre de protozoaires au moyen de sels antiseptiques, favoriser, comme cela a lieu, en général, la multiplication des bactéries nitrifiantes; nous pensions, comme conséquence de l'alimentation azotée plus rapidement assimilable par la récolte, au moment où celle-ci en a le plus besoin, qu'il devait vraisemblablement en résulter des rendements plus élevés que si le sulfate d'ammoniaque avait été employé seul.

C'est précisément ce qui semble s'être produit, ainsi qu'il ressort du tableau suivant :

Avoine de printemps (variété *Von Lochow*).
Sol : Sables de Fontainebleau. — Parcelles de 10 ares.

		Quantités appliquées à l'hectare.	Rendements rapportés à l'hectare.	
			grain.	paille.
1.	Témoin	néant	2530^{kg}	2925^{kg}
2.	Nitrate de sodium	132^{kg}	3050	5450
3.	Sulfate d'ammoniaque	100	2860	3270
4.	Sulfate d'ammoniaque	100	2970	3240
	Arséniate de sodium	40		
5.	Sulfate d'ammoniaque	100	3230	3445 [1]
	Sulfite de calcium	120		

En effet, de 2860^{kg} de grains à l'hectare, sur la parcelle exclusivement fertilisée avec du sulfate d'ammoniaque, le rendement est passé à 2970^{kg} sur celle qui, en outre de ce sel, avait reçu 40^{kg} d'arséniate de sodium, et à 3230^{kg} de grain sur celle sur laquelle il avait été appliqué 120^{kg} de sulfite de calcium en outre des 100^{kg} de sulfate d'ammoniaque, soit un excédent de récolte de 110^{kg} de grain à l'hectare, pour la parcelle n° 4 et de 260^{kg} pour la parcelle n° 5.

Comme conclusion, nous nous permettrons d'ajouter que, dans un sol

(1) Nous avons ici un excédent notable sur la partie fertilisée uniquement avec du nitrate de sodium; aussi pensons-nous que l'apport de sulfate de calcium, produit par l'oxydation du sulfite, peut y avoir contribué, quoique dans une faible mesure.

siliceux, le sulfate d'ammoniaque associé à des sels antiseptiques, semble, d'après ces premiers essais, pouvoir procurer, à poids égaux d'azote, des rendements de récoltes parfois supérieurs au nitrate de sodium employé seul.

PHYSIOLOGIE. — *Nouvelle démonstration de l'égalité des chronaxies entre le muscle strié et son nerf moteur.* Note de M. et Mme **Louis Lapicque**, présentée par M. d'Arsonval.

Nous attachons une grande importance à cette égalité, mais elle n'est pas encore admise par tous les physiologistes et nous reconnaissons qu'elle n'est pas facile à démontrer.

Dans l'excitation électrique dénommée classiquement *directe*, c'est-à-dire lorsque l'électrode active est mise en contact avec la masse musculaire, on observe la même chronaxie que dans l'excitation *indirecte*, lorsque l'électrode active porte sur le nerf. On ne peut tirer de là aucune conclusion, car la hauteur du seuil (plus précisément la rhéobase) étant notablement plus élevée dans le premier cas, il serait concevable que là aussi le courant électrique atteigne, par sa diffusion dans le muscle, les fibres nerveuses qui s'y ramifient, ou leurs terminaisons.

Pour affirmer l'isochronisme du muscle et de son nerf contrairement à ce que l'on admettait depuis Brücke, d'après l'étude du muscle curarisé, nous nous sommes fondés sur les observations suivantes :

1° En faisant agir à doses croissantes le curare, la chronaxie du nerf ne change pas tant qu'on peut la suivre; la chronaxie de l'excitation directe augmente régulièrement avec le degré de l'intoxication. Quand cette chronaxie a doublé ou triplé, l'excitabilité indirecte disparaît (curarisation au sens de Claude Bernard), mais l'augmentation peut aller beaucoup plus loin, décupler et davantage; c'est-à-dire que pour le muscle séparé de son nerf par le curare, il n'existe pas de chronaxie définie.

2° Sous l'action de la strychnine, la chronaxie du nerf diminue; l'excitabilité indirecte disparaît quand cette chronaxie est tombée à la moitié environ de sa valeur primitive; la chronaxie de l'excitabilité directe se maintient à cette valeur primitive. Ce que nous interprétons ainsi : le muscle et son nerf sont normalement isochrones, et cet isochronisme est la condition de la transmission de l'excitation; le curare agit en augmentant la chronaxie du muscle; donc ce que l'on mesure après curarisation ne signifie

rien pour l'excitabilité musculaire normale : la strychnine produit l'hétérochronisme, et par suite la curarisation au sens de Claude Bernard par le mécanisme inverse, à savoir diminution de la chronaxie nerveuse, et le muscle ainsi séparé de son nerf nous laisse mesurer sa chronaxie propre; celle-ci est égale à celle du nerf normal.

Le fait que nous présentons aujourd'hui se rapporte à la diminution d'efficacité lorsque le courant électrique s'établit progressivement; on sait que pour un même retard à l'établissement cette diminution est d'autant plus marquée que la chronaxie est plus petite.

D'une façon générale, soit $i = f(t)$ la forme d'un courant quelconque en fonction du temps, on aura, pour des excitabilités diverses, la même efficacité, à condition que, dans chaque cas, $\frac{i}{i_0} = f\left(\frac{t}{\tau}\right)$, i_0 étant la rhéobase et τ la chronaxie.

Nos expériences ont été faites de la façon suivante :

Dans le circuit d'excitation, on interpose une capacité réglable C de telle manière que, d'un côté de cette capacité, on ait la pile et une résistance instrumentale (sans self) r; de l'autre, une résistance instrumentale (sans self) r' et la préparation physiologique. La résistance du nerf étant au moins 20 fois plus grande que celle du muscle, pour égaliser approximativement la seconde partie du circuit dans les deux cas, on shunte le nerf par une résistance m à peu près égale à celle du muscle. Dans ces conditions, sous un voltage V, le courant s'établit suivant la formule

$$i = \frac{V}{r + r' + m}\left(1 - e^{-\frac{t}{c}\frac{r + r' + m}{r(r' + m)}}\right).$$

Nous avons pris en fait $r = r' + m = 10^4$ ohms. De sorte que, pour 1 microfarad par exemple, la constante de temps de l'établissement exponentiel est égale à

$$\frac{10^8 \times 10^{-6}}{2 \times 10^4} = 0,5 \times 10^{-2};$$

le courant arrive aux $\frac{98}{100}$ de sa valeur constante en 4 fois ce temps, soit $\frac{2}{100}$ de seconde.

Se plaçant à la rhéobase, il faut, pour supprimer l'efficacité du courant, introduire sensiblement la même capacité dans l'excitation directe et dans l'excitation indirecte (soit pour le sciatique-gastrocnémien de la grenouille, généralement $\frac{2}{10}$ à $\frac{3}{10}$ de microfarad, c'est à dire un retard à l'établissement de $\frac{4}{1000}$ à $\frac{6}{1000}$ de seconde, sur le nerf comme sur le muscle). Ceci n'est que la constatation sous une autre forme de l'égalité des chronaxies dans les deux cas et n'est pas davantage décisif.

Mais déterminons sur le muscle une série de valeurs liminaires du

voltage pour une série de retards à l'établissement, puis, sans toucher aux électrodes, curarisons ce muscle et recommençons cette série de déterminations.

Voici, à titre d'exemple, une expérience.

14 janvier. Gastrocnémien de *R. fusca* recevant en injection 3^{m} de curare.

Capacité $\times 10^6$.	Voltage liminaire. avant curare.	Voltage liminaire. après curare.
o (rhéobase)	0,60	0,70
0,3	0,62	0,70
1	0,90	0,81
3	1,60	1,10

La rhéobase s'est élevée, comme c'est la règle dans la curarisation; néanmoins, pour les courants notablement retardés, on a *un seuil plus bas qu'avant curarisation*. L'excitabilité qui se manifeste ainsi ne préexistait donc pas à la curarisation. Pour expliquer l'abaissement constaté, 0,81 au lieu de 0,90 avec un retard de $\frac{2}{100}$ de seconde, 1,10 au lieu de 1,60 avec un retard de $\frac{6}{100}$ de seconde, il suffit d'admettre une augmentation de chronaxie. C'est ce que nous avons constaté dans des mesures directes de chronaxie, et tout le monde est d'accord pour admettre que le muscle curarisé a une chronaxie plus grande que le complexe neuro-musculaire normal. Mais l'expérience actuelle démontre que l'objet excitable en cause après curarisation et qui ne peut être que le muscle, n'avait pas, avant l'action du poison, une chronaxie plus grande que celle du nerf.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la fixation et la contractibilité de quelques Infusoires hétérotriches.* Note de M. **Jean Delphy**, présentée par M. L.-F. Henneguy.

Les observations qui vont être rapportées ci-après aussi sommairement que possible ont été faites principalement sur les espèces suivantes : *Metopus sigmoides* Clap. et Lachm. et *contortus* Levand., *Spirostomum teres* Cl. et L., *Stentor Rœseli* Ehrbg. et *Condylostoma patens* O. F. M. Les premiers, d'eau douce, proviennent simplement des petits bassins de la Faculté des Sciences de Paris (P. C. N.); les Condylostomes se sont développés en abondance dans du sable apporté de Tatihou en 1921, presque complètement desséché et largement recouvert d'eau de mer en 1924. Je puis y

ajouter quelques observations faites depuis peu sur des *Spirostomum ambiguum* Ehrbg. et des *Stentor cœruleus* Ehrbg., que je dois à l'obligeance de MM. E. Fauré-Fremiet et Boris Ephrussi.

Le fait que les Stentors passent une assez grande partie de leur existence fixés par leur extrémité postérieure est de connaissance banale. Le déterminisme de cette fixation reste à élucider et son mécanisme est très généralement décrit d'une manière tout à fait erronée depuis l'important Mémoire de H.-P. Johnson [1].

Il ne saurait être question de discuter ici en détail les conclusions de ce Mémoire. En ce qui concerne le point particulier qui nous occupe, son texte est formel et l'une de ses figures (fig. 14, pl. XXIII) *paraît* probante. Les Stentors sont censés se fixer par « des pseudopodes saillants du disque nu de l'endoplasme ». « La figure 14 représente les très beaux pseudopodes rameux d'un Stentor bleu fixé à la couche superficielle de l'eau ». Cette dernière expression permet déjà quelque doute sur l'existence réelle de ces pseudopodes « rameux »; mais un peu plus loin l'auteur décrit très exactement ainsi la manière dont l'animal se prépare à la fixation : « Si l'on examine soigneusement le pied quand l'animal se prépare à se fixer, on verra de nombreux processus minuscules en vibration. Ceux-ci ont la plus grande ressemblance avec des cils ». Mais H.-P. Johnson les appelle des « pseudo-cils ».

En réalité, ces soi-disant « pseudo-cils » sont bien effectivement les cils de la région tout à fait postérieure des Stentors, de ce que H.-P. Johnson appelle le « pied ». Comme Fauré-Fremiet l'a bien vu [2] sur un Stentor indéterminé (qui, malgré sa coque spéciale, pourrait bien n'être qu'un vulgaire *St. Rœseli*) et, comme il l'a décrit avec beaucoup de prudence en même temps que d'exactitude, les Stentors sont toujours fixés par une véritable *scopula*, différenciation des cils de la région fixatrice. *En outre*, l'ectoplasme peut être plus ou moins aminci (mais non absent, comme le dit H.-P. Johnson) et étiré en « pseudopodes »; que l'on puisse légitimement appeler cela des « *pseudopodes* », ce n'est pas douteux [comparer la définition donnée par W.-H. Lewis et M.-R. Lewis [3]]; mais alors on a affaire à des pseudopodes ciliés : *en outre* encore, il faut tenir compte de la production

---

(1) *A contrib. to the morphology and the biology of the Stentors* (*Journ. Morphol.*, 8, 1893, p. 468-552, pl. XXIII-XXVI).

(2) *Études de cytologie comparée. La fixation chez les Infusoires ciliés* (*Bull. Sci. France Belgique*, 7e série, 44, 1910, p. 1). Je renvoie à ce Mémoire pour toutes les notions générales antérieurement acquises sur ce sujet.

(3) *Behavior of cells in tissue cultures* in *General Cytology*, edited by E. V. Cowdry, Chicago, 1924, p. 387.

d'un « mucus » ([1]) par la région postérieure de l'Infusoire. Ces deux dernières formations n'interviennent pas directement dans la fixation, car on peut aisément observer des prolongements protoplasmiques variables à l'extrémité postérieure de Stentors errants (notamment *St. cœruleus*); quant au mucus agglutinant, produit constamment, pendant la locomotion comme à l'arrêt, il ne peut suffire à réaliser la fixation, mais il est indispensable pour qu'elle se produise; tous les observateurs l'ont remarqué, les Stentors ne se fixent pas, par exemple, sur le verre propre et lisse.

En ce qui concerne les autres espèces citées au début de cette Note; quoique cela reste en somme assez exceptionnel, il arrive que les *Metopus sigmoides* se fixent pour un temps plus ou moins long; ils le font alors exactement à la manière décrite par Fauré-Fremiet (*op. cit.*, p. 37) pour un *Dileptus*, à savoir par immobilisation thigmotactique des cils de la région postérieure, en même temps que le mucus s'accumule. Je n'ai jamais observé, comme Maupas ([2]), une immobilisation aussi complète des Condylostomes; il arrive cependant fréquemment que ceux-ci se cantonnent dans une aire très restreinte [« il choisit dans la préparation une place favorable et s'y tient immobile », dit Maupas]; on pourrait faire à leur sujet entre cantonnement et immobilisation la distinction bien subtile que fait Fauré-Fremiet à propos des *Dileptus* entre fixation et immobilisation. Quant aux *Metopus contortus* et aux Spirostomes, ils paraissent bien être constamment errants.

Parmi les Infusoires considérés, les *Metopus* et les Condylostomes présentent une contractilité extrêmement faible, sinon nulle. Au contraire les Stentors et les Spirostomes sont éminemment contractiles. Chez les uns et chez les autres, les choses se passent de la même manière, à cette différence près que l'extension des Stentors paraît ne jamais pouvoir se faire que pendant la fixation par le pied, tandis que les Spirostomes, étendus ou contractés, paraissent être toujours errants. Quand un Stentor se contracte, il ramène toute la partie antérieure de son corps vers son pied; de même, quand un Spirostome se contracte, sans interrompre son mouvement de locomotion, il ramène toute sa région antérieure vers sa région postérieure. Cela tient à ce que, chez les uns et chez les autres, il existe une *zone de contractilité maxima*, située précisément dans la région postérieure. Les

---

([1]) Ce « mucus » mériterait d'être mieux défini qu'il ne peut l'être actuellement.

([2]) *Contribution à l'étude morphologique et anatomique des Infusoires ciliés* (*Arch. Zool. exp.*, 2e série, 1, 1883, p. 427-664, pl. XIX-XXIV).

choses sont particulièrement nettes chez le *Spirostomum teres*. On peut considérer dans le corps de celui-ci trois régions : une antérieure, celle du péristome, une postérieure, celle de la vésicule contractile, et une intermédiaire. C'est dans cette dernière, surtout en arrière, que la contractilité est de beaucoup la plus développée. Un peu au delà de l'extrémité postérieure du péristome se trouve une zone de déformation, de plissement, puis, jusqu'à la vésicule contractile (qui peut d'ailleurs être plus ou moins développée, je suppose un cas moyen), une zone de plus grande contraction, en rapidité et en intensité (¹). La simple observation montre déjà clairement qu'il y a une différence de chronaxie de contraction très nette non seulement d'une espèce à l'autre, mais encore dans un même individu pour diverses régions.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Causes des différences d'intensité de respiration élémentaire des tissus.* Note (²) de MM. **Émile F. Terroine** et **Jean Roche**, transmise par M. Henneguy.

Nos résultats antérieurement énoncés (³) de mesures d'intensité respiratoire de tissus d'homéothermes montrent que : si un même tissu présente dans la série des homéothermes une même intensité respiratoire *in vitro*, par contre, les différents tissus se classent chez toutes les espèces étudiées suivant un ordre identique, à savoir : 1° cerveau ; 2° foie et rein ; 3° muscle. Classification identique d'ailleurs à celle que permettaient déjà les résultats obtenus par Barcroft et ses collaborateurs sur les organes *in situ*. Ce qui distingue les tissus quant à leur respiration élémentaire, ce n'est donc en aucune manière l'espèce animale d'où ils proviennent, mais uniquement leur nature. Reprenant une formule employée par Mayer et Schaeffer pour le P lipoïdique, on peut dire de la valeur de la respiration élémentaire d'un tissu qu'elle est caractéristique, non de l'espèce animale mais de l'espèce cellulaire considérée.

Peut-on tenter d'expliquer cette constatation de fait?

Dans la respiration *in vitro*, le tissu ne recevant aucune excitation exté-

(¹) En même temps les stries d'insertion ciliaire, qui étaient longitudinales, deviennent hélicoïdales, leur trace sur le plan de la préparation formant un angle d'environ 20° avec les bords du Spirostome.

(²) Séance du 23 mars 1925.

(³) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 225.

rieure ne peut trouver qu'en lui la cause de ses échanges; son intensité respiratoire est nécessairement alors fonction de sa constitution. Cette manière de voir est renforcée par un rapprochement qui s'impose : si l'intensité respiratoire d'un tissu est caractéristique, non de l'animal, mais de l'espèce cellulaire, il en est exactement de même de sa composition. A défaut de nouvelles données personnelles récemment acquises et non encore publiées, celles qui figurent dans les tables de König pour les matières protéiques et les substances minérales, celles apportées par Mayer et Schaeffer pour l'eau et les substances lipoïdiques le prouvent surabondamment.

Intensité respiratoire et constitution chimique d'un tissu étant toutes deux caractéristiques de l'espèce cellulaire, n'est-il pas alors légitime de penser que la première est fonction de la seconde?

La question se pose alors de déterminer, parmi les divers constituants permanents de la cellule, ceux qui interviennent et la mesure de leur intervention. Un premier examen montre que les différences de concentration globale sont trop faibles pour être invoquées : les données antérieurement apportées par nous (*loc. cit.*) font ressortir les mêmes écarts entre les tissus, que l'intensité respiratoire ait été rapportée au poids frais ou au poids sec. Il faut donc envisager l'existence de rapports particuliers avec certains constituants.

A priori la variation de masse des substances protéiques quantitativement les plus importantes, ne paraît pas pouvoir être négligée. D'autre part de nombreux physiologistes et biochimistes parmi lesquels surtout Loew (1891), Mayer et Schaeffer (1913), Wariburg et Meyerhoff (1913) et plus récemment (1923) Embden et ses élèves ont insisté sur le rôle très probable des lipoïdes phosphorés dans le mécanisme des oxydations cellulaires.

Or, si — utilisant nos chiffres quant à l'intensité respiratoire, faisant appel pour la constitution du cerveau au travail de Koch, dans le cas des autres tissus à ceux de Mayer et Schaeffer pour le P lipoïdique et à nos données personnelles pour les matières protéiques — nous tentons d'établir un rapport entre la respiration élémentaire et les matières protéiques ou le P lipoïdique, aucune cohérence n'apparaît dans les résultats, comme le fait ressortir le tableau ci-après :

	Cerveau.	Foie.	Rein.	Muscle Oiseau.	Muscle Mammifère.
Protéique en °/₀ du poids frais (en gr.)	10,62	16,25	16,25	22,93	22,50
P lipoïdique en °/₀ du poids frais (en gr.)	0,205	0,132	0,123	0,080	0,066
Intensité respiratoire ($^{mm^3}$ O^2 par gr. frais/heure)	541	420	418	402	364
Rapport $\frac{\text{intensité respiratoire}}{\text{teneur en protéique}}$	50	25	25	17	16
Rapport $\frac{\text{intensité respiratoire}}{\text{teneur en P lipoïdique}}$	26	29	31	50	65
Rapport $\frac{\text{Intensité respiratoire}}{\text{ten. en protéiques} \times \text{ten. en P lipoïdique}}$	24	19	20	21	25

Mais une conception plus complexe n'est-elle pas plus proche de la réalité? Et ne peut-on pas imaginer, par exemple, qu'une même unité de masse protéique, siège des combustions, voit la grandeur de ces combustions modifiée en fonction de la quantité de P lipoïdique que renferme la cellule ?

La très grande cohérence que présente le rapport :

$$\frac{\text{Intensité respiratoire}}{\text{teneur en protéiques} \times \text{teneur en P lipoïdique}}$$

nous paraît constituer un argument important en faveur de cette manière de voir. Des recherches actuellement en cours comportent l'examen de la fixité de ce rapport chez les poïkilothermes et chez les végétaux.

Dès maintenant et sans, bien entendu, rejeter en aucune manière l'intervention possible d'autres constituants cellulaires, nous croyons pouvoir formuler, à titre de première approximation, la loi suivante :

L'intensité respiratoire in vitro *d'un tissu est directement proportionnelle au produit de sa teneur en protéiques par sa teneur en P lipoïdique.*

PHYSIOLOGIE. — *Variations du taux de l'urée dans le sang du Cobaye sous l'influence d'un régime déséquilibré par manque de facteur antiscorbutique.* Note de Mme **L. Randoin** et Mlle **A. Michaux**, présentée par M. E. Leclainche.

Afin d'obtenir quelques indications sur le mécanisme de la production des lésions et des symptômes observés au cours du scorbut expérimental,

nous avons entrepris l'étude des modifications de la composition du milieu intérieur et aussi des organes qui semblent plus particulièrement touchés dans cette maladie, en particulier capsules surrénales et foie ([1]).

Il n'existe que peu de renseignements sur les variations de la composition du plasma sanguin au cours du scorbut. En ce qui concerne la teneur en urée, un travail de Lewis et Karr ([2]) tend à prouver que cette teneur augmente dans des proportions considérables. De $0^g,43$ ou $0^g,61$ pour 1000, chiffres trouvés chez deux animaux normaux, elle s'élèverait parfois jusqu'à $2^g,18$ et même $2^g,30$; les résultats donnés sont d'ailleurs très variables avec les 10 individus mis en expérience. Mais ceux-ci ont été nourris avec de l'avoine, aliment mal équilibré et le poids des ingesta, qui, avec ce régime, diminue de plus en plus, n'a pas été déterminé.

Le régime que nous employons est un régime complet et équilibré, assurant la croissance et l'entretien du Cobaye ([3]); il est formé de deux parties très inégales : l'une (*régime proprement dit*) apportant toutes les substances élémentaires fondamentales (sauf le facteur C), ainsi que toute l'énergie nécessaire; l'autre comprenant uniquement la source de facteur C, soit 2^{cm^3} *de jus de citron par jour*, dont le poids sec représente à peine $\frac{1}{200}$ du poids sec de la ration quotidienne totale ingérée, laquelle est de 100^g à 120^g en moyenne.

La suppression de cette seconde partie détermine néanmoins dans le régime un déséquilibre brutal qui se traduit, au bout d'un certain temps, par un arrêt de la croissance, une chute du poids de l'animal, divers symptômes bien typiques; la mort survient au bout de 30 jours environ.

Technique. — Pour donner plus de valeur à nos résultats, nous opérons constamment *d'une manière comparative* en employant trois lots de Cobayes de *même sexe* (mâle) et de *poids moyen* (450 à 550^g).

A. 60 Cobayes recevant une nourriture naturelle (mélange à parties égales de choux, carottes, pommes de terre, son);

B. 60 Cobayes recevant le régime artificiel complet;

C. 60 Cobayes recevant le même régime, privé uniquement de facteur C.

([1]) Lopez-Lomba et Mme Randoin, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1576.

([2]) Lewis et Karr, *Journ. Biol. chem.*, 18, 1916, p. 17.

([3]) Lopez-Lomba et Mme Randoin, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1003. — Mme L. Randoin, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 5, 1923, p. 806.

Nous rappelons la composition centésimale du régime proprement dit : farine de haricots blancs, 83; levure de bière sèche, 3; graisse de beurre, 5,5; lactate de chaux, 5; chlorure de sodium, 1,5; papier filtre, 2.

Dans ces conditions — et seulement dans ces conditions — les troubles observés chez les animaux carencés sont bien dus au défaut d'une substance représentée par une quantité de matière petite et relativement définie. L'emploi d'individus absolument normaux (lot A) permet en outre de prouver à chaque moment que le régime artificiel complet se comporte bien comme le régime naturel.

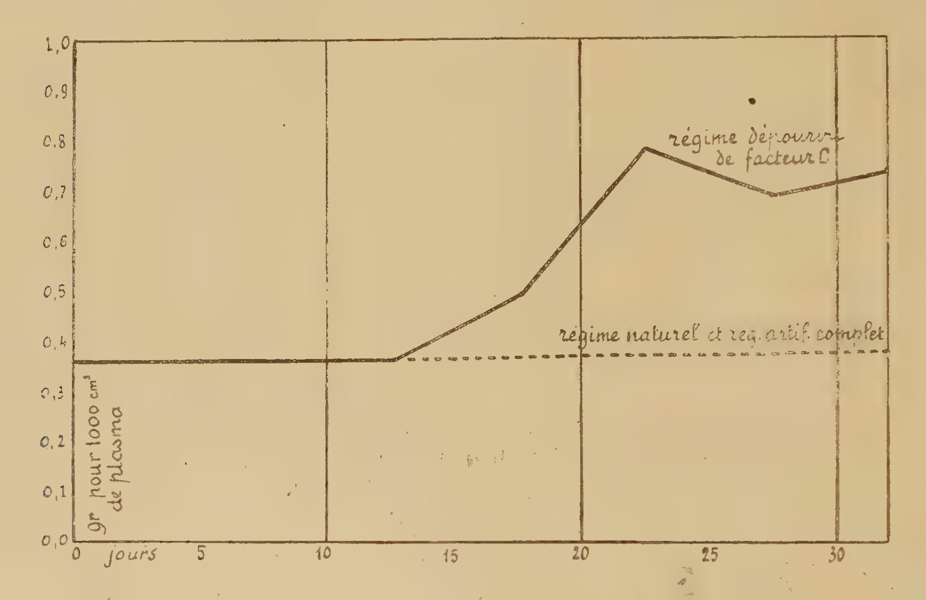
Le temps de la maladie a été partagé en six périodes de cinq jours chacune; pendant chaque période, le taux de l'urée du plasma était déterminé en utilisant 10 Cobayes, soit 30 Cobayes pour les trois régimes. Trois dosages par période et par régime ont été effectués par la *méthode de Fosse* (au xanthydrol) avec le sang mélangé de 3 ou 4 individus, sang recueilli en quantité relativement peu élevée par ponction cardiaque.

Tous les résultats que nous avons obtenus (*exprimés en grammes d'urée pour* 1000$^{cm^3}$ *de plasma*) sont groupés dans le tableau suivant :

	Régime naturel.	Moyennes.		Régime artificiel complet.	Moyennes.		Régime artificiel privé de facteur C.	Moyennes.	
	0,46			0,38			0,38		
1er au 5e jour.....	0,35	0,387		0,39	0,373		0,27	0,360	
	0,35			0,35			0,43		0,366
	0,25			0,33			0,38		
6e au 10e jour.....	0,45	0,323	0,371	0,48	0,386	0,386	0,40	0,373	
	0,27			0,35			0,34		
	0,27			0,49			0,50		
11e au 15e jour.....	0,37	0,403		0,30	0,400		0,44	0,487	0,487
	0,57			0,41			0,52		
	0,35			0,29			0,64		
16e au 20e jour.....	0,43	0,367		0,49	0,393		0,93	0,783	
	0,32			0,40			0,78		
	0,45			0,47			0,80		
21e au 25e jour.....	0,33	0,373	0,360	0,39	0,400	0,391	0,65	0,697	0,742
	0,34			0,34			0,64		
	0,33			0,27			0,99		
26e au 32e jour.....	0,35	0,340		0,42	0,380		0,61	0,747	
	0,34			0,45			0,64		
Moyenne générale.			0,365			0,388			0,574
Écart moyen......			0,058			0,055			0,168

Conclusions. — Chez le Cobaye normal, recevant une nourriture naturelle, le taux de l'urée du liquide sanguin oscille autour de 0g,36 pour 1000$^{cm^3}$ de plasma. Chez le Cobaye soumis au régime artificiel complet, le taux moyen est très voisin du précédent : 0g,38 pour 1000.

Le déséquilibre alimentaire déterminé par la suppression, dans ce dernier régime, du facteur antiscorbutique, ne fait sentir ses effets, en ce qui concerne l'urée du sang, qu'après une douzaine de jours, c'est-à-dire au moment où les divers symptômes commencent à apparaître. La teneur en



urée atteint environ 0g,50 du 11e au 16e jour, puis 0g,80 du 16e au 22e jour; elle semble diminuer ensuite légèrement pour se maintenir à la fin de la maladie au niveau de 0g,75 (voir le graphique).

Cette augmentation est-elle due à un trouble de l'excrétion de l'urée, ou bien à un trouble de la formation de l'urée en relation avec les lésions hépatiques observées? De nouvelles expériences nous permettront sans doute de répondre à cette question.

Quoi qu'il en soit, nous ne voyons pas dans ce fait un trouble primitif, résultant d'un effet *direct* du défaut de facteur C sur la constitution et le fonctionnement d'un organe. Nous pensons que l'augmentation de la teneur du sang en urée, au milieu et à la fin du scorbut, ne traduit que des troubles secondaires.

HISTOLOGIE. — *Métamérie et éléments musculaires à corps externe, chez* Scoloplos armiger. Note de M. AUGUSTE MICHEL, présentée par M. Henneguy.

Pour chercher l'origine de la Métamérie, j'ai étudié la région caudale à segments peu différenciés de *Scolopos armiger* Œrsted (= *Aricia Mulleri* Rathke; Annélides Ariciens) à l'état soit naturel, soit régénéré. Dans ce dernier cas, à la suite d'une soudure cicatricielle anale des parois somatique et intestinale, s'établit un bourgeon; pendant l'allongement de ce bourgeon, son extrémité reste longtemps renflée, surtout ventralement, par le mésoderme hypertrophié. Alors se produit une évolution structurale, que d'ailleurs à une extrémité normale on retrouve lente ou terminée.

Les cellules mésodermiques s'allongent transversalement; ce tissu, à part la région terminale, est d'abord compact, mais en obliquant ses éléments de dehors vers l'extrémité. Puis, plus loin du sommet, les éléments se groupent en amas, avec limites qui se dédoublent ensuite vers l'intérieur et l'extérieur; les vides en résultant deviennent ordinairement des vaisseaux intermédiaires, longitudinaux et annulaires; après l'établissement de ces limites, les cellules se développent en cloisons, composées de fibres et mésothèles avec vaisseaux annulaires, en s'écartant et laissant dans chaque amas les cavités cœlomiques; cette séparation métamérique des éléments orientés est surtout bilatérale, ne gagnant que plus tard les lignes médianes.

Dans la région terminale se développe rapidement le sphincter anal à fibres transverses; entre lui et le tissu précédent on voit une masse claire de sarcoplasmes nucléés, probablement générateurs des fibres du sphincter.

Plus loin de l'extrémité, s'efface ce sphincter et apparaissent les muscles ordinaires.

1° Longitudinaux : d'abord en deux paires de bandes (dorso-latérales plus larges et ventro-latérales); plus loin, ces muscles s'étendent sur le pourtour et inversement les ventraux plus développés que les dorsaux. Les cavités cœlomiques sont bientôt envahies par des masses cellulaires, insérées sur ces muscles longitudinaux; pour prouver un vrai rapport élémentaire des fibres et de ces sarcoplasmes nucléés, il est impossible à l'aide de coupes longitudinales de suivre exactement à la fois le parallélisme des fibres et l'enchevêtrement des cellules plus ou moins éloignées; mais sur des coupes transversales on peut débrouiller des exemples de cette liaison : les fibres les plus jeunes, quoique déjà longues, montrent nette-

ment sur les côtés un corps cellulaire nucléé; même pour la plupart des fibres, plus avancées, si les masses cellulaires sont plus ou moins éloignées, on découvre néanmoins çà et là une partie rétrécie, dirigée du corps vers la fibre, ainsi que son noyau par une pointe.

2° Circulaires : des coupes médianes les montrent en couche sous-ectodermique, elle-même métamérisée en faisceaux, d'abord petits, de fibres transverses. Des coupes latérales, tangentes à cette couche circulaire, montrent les fibres (à corps nucléé placé tout contre) ici en série continue dans la paroi, puis en dedans métamérisant par leur séparation vers les cloisons respectives.

Sur ces coupes transversales, mais aussi parfois sur les coupes longitudinales, on peut constater, entre le sphincter et les muscles ordinaires, que les fibres longitudinales passent en dehors des fibres du sphincter : celui-ci, interne, ne rentre donc pas complètement dans la série des muscles circulaires proprement dits, toujours externes.

La métamérie de la paroi somatique est précédée de la métamérie mésodermique. Elle est superficielle, parfois aussi accompagnée en dedans d'un entaillement ectodermique par les sacs mésodermiques. Sur les côtés du renflement extrême, la pression du mésoderme hypertrophié comprime les cellules ectodermiques et détermine leur divergence de part et d'autre, alors qu'au sommet elles se redressent et inversement sont allongées. L'ectoderme ventral s'épaissit pour se différencier en névraxe; même encore plus à l'extrémité, n'y recevant cependant les fibrilles nerveuses qu'en effacement progressif. Cet *épaississement terminal* avec fibrillation réduite se régénère aussi, mais ne s'achevant que tardivement.

Ces observations me conduisent aux conclusions suivantes pour le *Scoloplos armiger :* 1° la *métamérisation* a une origine *mésodermique* et *bilatérale*, par allongement transverse des cellules, puis leur séparation en groupes; la division de la paroi somatique est ultérieure, probablement comme conséquence; 2° le *pygidium*, sans mésoderme cœlomique distinct du foyer, avec un muscle transverse plutôt analogue qu'homologue des muscles circulaires somatiques, me paraît représenter *non* un des *métamères* (anneau postfocal), mais plutôt une région générale; 3° dans les éléments *musculaires*, surtout à fibres longitudinales, les *corps* cellulaires sont, chez ces Annélides, *latéraux*, comme chez les Nématodes, même, vu l'éloignement de la plupart, plutôt *externes*, comme souvent chez les Platodes.

PHYSICO-CHIMIE. — *Contribution expérimentale à l'étude du transit des électrolytes. Vitesse de diffusion à travers un septum et sélection ionique.* Note [1] de M. **W. Mestrezat** et de Mlle **Y. Garreau**, présentée par M. Jean Perrin.

La diffusion des ions d'un électrolyte contre de l'eau distillée se fait au travers d'un septum en quantités équimoléculaires. Les forces électrostatiques puissantes qui unissent les deux ions limitent leur vitesse de diffusion à celle du moins mobile d'entre eux, dans les conditions de l'expérience. La diffusion d'un anion tel que $(CO^3)''$, par exemple, sera rendue impossible, si le cation fait partie intégrante d'un tissu ou se présente sous une forme non diffusible.

Tout autres sont les faits, si, comme le laissait déjà soupçonner une ancienne expérience d'Ostwald (1890), et comme le montrent les expériences suivantes, le milieu vers lequel a lieu la diffusion renferme une molécule susceptible de se prêter à un échange d'ions avec la molécule en diffusion. Les ions les plus mobiles libérés temporairement du cadre moléculaire recouvrent, dans ces conditions, leur vitesse de diffusion propre et peuvent donner lieu à des phénomènes de transport rapides et à des effets sélectifs du type de ceux que P. Girard, V. Morax et l'un de nous avons signalés [2].

En dialysant sur des baudruches de mouton décalcifiées ou des vessies de porc chargées de sulfure de cuivre, aussi bien, d'ailleurs, que sur de simples sacs de collodion peu perméables, des solutions N 0,25 de INa, NO^3Na, SO^4Mg, $(PO^4H)Na^2$, $(FeCy^6)K^4$, soit contre de l'eau distillée ou des solutions de chlorure de sodium à diverses concentrations

(N 0,01 — 0,05 — 0,10 — 0,25),

on observe [3] :

1° Une augmentation générale, souvent très grande, de la vitesse de diffusion des anions $(I)'$, $(NO^3)'$, $(SO^4)''$, $(PO^4H)''$, $(PO^4)'''$, $(FeCy^6)^{IV}$, lorsque le milieu extérieur renferme du chlorure de sodium. Les vitesses obtenues passent par un *maximum*, pour une concentration donnée de ce sel.

---

[1] Séance du 23 mars 1925.

[2] *Comptes rendus*, 178, 1922, p. 1727.

[3] Courbes et protocoles expérimentaux paraîtront dans un autre Recueil.

Les augmentations réalisées ont atteint jusqu'à 1268 pour 100 avec le ferrocyanure de potassium. Les chiffres sont, généralement, moins élevés : 491, 117, 111 pour 100, plus rarement, quelques unités seulement avec les autres sels.

2° L'augmentation varie d'une membrane à l'autre et pour une même membrane, avec le sens dans lequel s'effectue la diffusion, ainsi qu'avec l'état physique du septum.

3° L'augmentation des vitesses de diffusion réalisées pour une même membrane et un même anion, toutes choses égales, dépend de la nature du cation auquel l'anion est conjugué.

4° Les concentrations du chlorure de sodium, dans le milieu extérieur, pour lesquelles les vitesses de diffusion de l'ion étudié se montrent les plus grandes sont en raison inverse de la valence de l'anion considéré. La concentration optima a été, dans nos expériences, de N 0,14 pour les ions *monovolents;* de N 0,08 pour les anions *bivalents;* N 0,05 pour les ions *trivalents* et seulement de N 0,01 pour l'ion ferrocyanure *tétravalent*.

5° Les valences des ions interviennent pareillement, si nous considérons les vitesses maxima de diffusion réalisées, dans la mesure où les valences présentent des affinités chimiques comparables. Les anions $(IK)'$, $(NO^3)'$, $(SO^4)''$, qui se rapportent tous à des acidités fortes, montrent, en fait, en 2 heures, dans le milieu extérieur, des concentrations en anions de N 0,043 et de N 0,023, que l'on voit être sensiblement proportionnelles, à l'inverse des charges portées par les ions.

Les courbes obtenues en inscrivant en ordonnées les concentrations de l'anion diffusé et en abscisses les teneurs croissantes en chlorure de sodium des solutions utilisées dans le milieu extérieur font ressortir l'influence marquée de traces seulement de chlorure de sodium et mettent en évidence le maximum signalé.

L'existence de ce maximum ne provient pas d'un appauvrissement en anions $(Cl)'$ du milieu extérieur, pas plus que de la quantité absolue ou relative des ions $(Cl)'$ diffusés dans le milieu intérieur. La seule variable que l'on puisse invoquer est la concentration absolue du chlorure de sodium sur la face externe du septum, concentration susceptible de modifier la polarisation de celui-ci.

Cette hypothèse du développement progressif d'une force contre-électromotrice gênant le mouvement en sens inverse des anions d'un milieu dans l'autre aurait un double avantage d'expliquer l'aplatissement des courbes avec le nombre de charges portées et le déplacement vers la gauche

de l'optimum de concentration de la solution de chlorure, lorsque la valence croît.

Ces faits, sur l'interprétation et le mécanisme desquels nous reviendrons, ne sont qu'une image amoindrie de ce qui est réalisé au sein d'un tissu. La constitution cellulaire de celui-ci multiplie les phases de diffusion rencontrées, et, partant, les effets observés. Ils attirent l'attention sur le rôle fondamental que peut avoir comme accélérateur des échanges organiques le chlorure de sodium de nos humeurs, dont le taux, sensiblement *décinormal*, est précisément voisin de celui que nos expériences sur les ions *mono* et *bivalents* ont montré être le plus efficace.

Ainsi s'expliqueraient peut-être maints effets heureux, directs ou indirects, des injections thérapeutiques de sérum physiologique.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Les rapports nerveux d'yeux transplantés avec les centres nerveux en voie de développement chez l'*Amblystoma punctatum. Note de MM. **Raoul M. May** et **S. R. Detwiler**, présentée par M. F. Mesnil.

Lewis (1904) ([1]) a institué une technique pour la transplantation d'yeux embryonnaires de Batraciens. Il a étudié de cette manière divers facteurs dans l'embryologie de l'œil, en particulier la différenciation du cristallin. Subséquemment Laurens et Williams (1917) ([2]) ont fait des recherches sur l'histologie et l'histophysiologie des éléments d'yeux transplantés autoplastiquement dans des embryons d'*Amblystoma punctatum*. Uhlenhuth (1912) ([3]) a greffé des yeux sur des larves de *Salamandra maculosa* et *Triton alpestris* et observé l'influence de l'hôte sur le greffon. Il a répété ces expériences (1917) ([4]) sur des larves d'*Amblystoma punctatum*.

Nous avons excisé la vésicule optique et l'ectoderme sus-jacent sur des embryons d'*Amblystoma punctatum*, au stade de développement où la queue commence à se différencier (tail-bud stage). Nous transplantons ces pièces dans la région optique d'embryons dont la vésicule otique a été précé-

---

([1]) *Amer. Journ. Anat.*, 3, 1904, p. 505-536.
([2]) *Jour. Exp. Zoöl.*, 23, 1917, p. 71-83.
([3]) *Arch. f. Entwick.-mech. d. Org.*, 36, 1912, p. 211-261.
([4]) *Jour. Exp. Zoöl.*, 24, 1917, p. 237-301.

demment réséquée. Ces opérations sont faites sous le microscope binoculaire, avec des ciseaux à iridectomie et des aiguilles fines.

Les embryons se sont développés normalement. Après un laps de temps de 22 à 51 jours, les larves ont été fixées pour l'étude anatomique des organes transplantés. Les yeux s'étaient développés normalement; un nerf s'était formé dans chaque cas à partir de l'œil transplanté. Nous avons constaté en outre que nous avions incidemment transplanté avec l'œil une partie plus ou moins grande de l'organe olfactif, et que celui-ci s'était développé jusqu'à un certain stade, émettant presque toujours un nerf olfactif.

Dans quelques cas l'œil était déformé en partie. Cette déformation siégeait de préférence à l'endroit où le nerf optique qui s'était formé se détachait de l'œil pour se réunir à un centre nerveux.

Nous avons fait des observations sur quinze larves. Dans 4 cas, le nerf optique s'était arrêté à la couche pigmentaire de l'œil; dans 3 cas, il s'était perdu dans le mésenchyme; dans 3 autres cas, il s'était mis en relation avec la partie restante du ganglion acoustico-facial; dans 4 cas, cette connexion avait lieu avec le ganglion complexe vague-glossopharyngien; dans 1 cas, enfin, le nerf optique était en connexion directe avec le bulbe.

Parmi ces mêmes larves, deux ne présentaient pas de nerf olfactif partant de l'organe olfactif transplanté; dans 5 cas, le nerf olfactif se perdait dans le mésenchyme; dans 2 cas, il entrait en relation avec le ganglion de Gasser; dans 3 cas, cette connexion avait lieu avec la portion restante du ganglion acoustico-facial; dans 3 cas, enfin, il y avait une connexion avec le ganglion complexe vague-glossopharyngien.

Ni la rotation de l'œil, ni la quantité de cartilage qui se forme près de cet organe ne sont les facteurs essentiels qui déterminent les relations du nerf optique.

La résection de la vésicule optique entraîne une réduction partielle du ganglion acoustico-facial de ce côté de l'animal. Dans un certain cas, il y avait 3145 cellules dans le ganglion du côté normal, et 1243 cellules dans le ganglion du côté opéré, ce qui représente une réduction de 1902 cellules, soit 60,4 pour 100.

La connexion du nerf optique avec un ganglion détermine une hyperplasie de celui-ci. Ceci est démontré par le tableau ci-après. Les ganglions hyperplasiques se trouvent placés à un point beaucoup plus antérieur dans l'animal que ceux du côté normal. Il semble que le nerf optique exerce une attraction sur eux.

Influence de la connexion du nerf optique de l'œil transplanté sur le nombre de cellules dans le ganglion complexe vague-glossopharyngien.

Animal.	Cellules du côté normal.	Cellules du côté opéré.	Augmentation dans le nombre de cellules du côté opéré.	Augmentation exprimée en pour 100.
EE10..........	3309	5035	1726	52,1
EE7..........	5782	7581	1799	31,1

Les cylindre-axes qui partent de ces cellules ganglionnaires ne déterminent pas une hyperplasie du bulbe. Dans le cas de l'animal EE10, les cellules des deux côtés du bulbe ont été comptées à l'endroit où il y avait une connexion avec le ganglion hyperplasique (voyez plus haut). Du côté normal du bulbe, il y avait 14525 cellules, du côté opéré 14101, soit un excès de 424 cellules, ou 3 pour 100, du côté normal. Ceci rentre facilement dans l'erreur probable, et ne signifie aucune hyperplasie.

Mais une connexion directe du nerf optique avec le bulbe, dans notre cas unique (EE3), a déterminé une hyperplasie de ce bulbe. Il y avait, sur une épaisseur de 160$^{\mu}$ de ce centre proches de l'endroit où le nerf optique pénétrait dans le bulbe, 2542 cellules du côté normal et 3120 du côté opéré, soit une augmentation de ce côté de 578 cellules ou 22,7 pour 100. Il y avait aussi une migration considérable de cellules de la matière grise dans la matière blanche du bulbe, vers l'endroit même où pénétrait le nerf optique.

La pénétration du nerf optique d'un œil transplanté dans un centre nerveux détermine donc une hyperplasie de ce centre et une migration, soit du ganglion entier, soit de cellules de la substance grise dans la substance blanche. Ainsi ce nerf semble exercer une action attractive sur les centres avec lesquels il entre en relation.

Nos résultats nous semblent pouvoir s'expliquer par la théorie du neurotropisme de S. Ramón y Cajal et la théorie de la neurobiotaxie de Kappers.

PROTISTOLOGIE. — *Sur l'évolution des lipoïdes et la sexualisation du cytoplasme dans les Sporozoaires.* Note ([1]) de M. **Ph. Joyet-Lavergne**, transmise par M. Henneguy.

L'existence des lipoïdes et des graisses a déjà été indiquée dans le cytoplasme des Sporozoaires ([2]). Aux espèces citées, il faut ajouter les types suivants dont le cytoplasme renferme des lipoïdes : *Adelina dimidiata*, Coccidie parasite de la Scolopendre ; *G. polymorpha* et *G. cuneata*, Grégarines du *Tenebrio molitor* et *Stylorynchus longicollis*, parasite du Blaps.

Les sporozoïtes de *G. polymorpha*, fixés à l'épithélium intestinal et les formes intraépithéliales renferment des granules lipoïdes. L'importance de ces réserves est plus grande à ces phases du développement qu'au stade sporadin. Le cytoplasme des sporadins ne renferme, en effet, que quelques granules ou petites vésicules. Dans les associations, le primite contient plus de lipoïdes que le satellite. Au stade de l'enkystement, la différence entre les conjoints est encore plus accusée ; la Grégarine ♀ a des vésicules lipoïdes plus nombreuses et plus osmiophiles. Ces différences sont semblables à celles décrites dans *Nina gracilis* ([2]).

Parmi les caractères de sexualisation, décrits dans *Nina* ([3]), certains, comme l'affinité du ♂ pour le bleu de méthylène, doivent être interprétés comme une manifestation de la différence de chimisme, liée à l'évolution différente des lipoïdes, suivant le sexe. La lipogenèse, qui apparaît dans le ♀, est en relation avec l'existence d'un milieu cytoplasmique réducteur. La décoloration, presque totale du bleu de méthylène dans ces Grégarines, traduit simplement, par la formation de leucodérivés, l'existence de cette qualité réductrice du cytoplasme. Dans le ♂, où ces conditions de milieu ne sont pas réalisées, le bleu de méthylène n'est pas décoloré. Une réaction semblable se manifeste dans *Aggregata Eberthi*, correspondant aux mêmes conditions. Le ♂, à toutes les phases de son évolution, a des affinités marquées pour le bleu de méthylène ; dans le cytoplasme ♀, il y a décoloration presque totale du réactif. Dans tous les cas d'ailleurs, Grégarines ou Coccidies, quel que soit le sexe, le noyau, organe des oxydations, conserve ses affinités pour le colorant.

([1]) Séance du 23 mars 1925.

([2]) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 335.

([3]) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1212.

Dans *Adelina dimidiata*, de bonne heure, les jeunes schizontes ou gamontes présentent leurs réserves lipoïdes sous la forme de petites vésicules. Les groupements de ces vésicules rappellent la distribution du paraglycogène aux mêmes stades ([1]), mais ici, la localisation des réserves est moins nette, il y a des vésicules lipoïdes dans toutes les parties du cytoplasme, y compris la pointe de la Coccidie. Dans le microgamétocyte, les vésicules s'accroissent peu et conservent leurs caractères lipoïdes jusqu'à la fin de l'évolution.

Dans le macrogamète, les vésicules grossissent pendant la croissance de la Coccidie et se répartissent plus régulièrement dans le cytoplasme. Le maximun de développement de la masse de réserves lipoïdes est atteint au moment où la Coccidie a son maximum de longueur. A ce stade, ces réserves forment avec le paraglycogène et les albuminoïdes une véritable mosaïque. Des trois constituants de la mosaïque, c'est le paraglycogène qui prendra la plus grande importance dans la suite de l'évolution. Son augmentation est, au début, parallèle à une diminution des réserves lipoïdes.

Au moment de la fécondation, les réserves lipoïdes se divisent en deux parties. La première partie des vésicules se trouve à la périphérie du macrogamète, où sont situées également les réserves albuminoïdes; ces lipoïdes évoluent vers la forme graisse. Dans les stades que j'ai pu suivre, quelques vésicules seulement étaient transformées en graisse, formant, soit deux ou trois enclaves, soit une seule enclave, alors plus volumineuse, placées à la périphérie du cytoplasme. L'évolution vers la forme graisse est donc ici plus tardive et moins importante que dans *Aggregata*. La deuxième partie des réserves lipoïdes vient se condenser en une seule masse placée sur le noyau et tout à fait semblable à l'image donnée par l'appareil de Golgi à ce stade.

Dans la suite de l'évolution, la masse lipoïde donne des figures superposables à celles, cependant si particulières, que donne l'appareil de Golgi ([1]), dans ses migrations parallèles aux migrations nucléaires. A ce stade de l'évolution, qui précède la formation d'éléments reproducteurs, l'appareil de Golgi se confond morphologiquement avec une partie des réserves lipoïdes. L'étude de *Aggregata* ayant montré la transmission des éléments de Golgi dans les diverses phases de l'évolution; je considère que, aux stades de multiplication de la Coccidie, l'appareil de Golgi est le support

---

([1]) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 975.

de la provision lipoïde qui, se transmettant d'une génération à l'autre, contribue à assurer la constance chimique de l'espèce.

Dans les phases de croissance, les images de l'appareil de Golgi sont différentes de celles données par les lipoïdes. Un fixateur, capable de conserver les deux formations, ne permet cependant pas de distinguer les éléments de Golgi des vésicules. La partie *lipoïde*, la plus osmiophile des vésicules, constituerait-elle l'élément de Golgi? On s'expliquerait alors que la transformation en graisse de nombreuses vésicules dans la Grégarine ♀ ait pour conséquence sa pauvreté en éléments de Golgi. Le caractère de sexualisation des Grégarines, tiré de la teneur en éléments de Golgi, serait alors du même ordre que la réaction au bleu de méthylène: il serait une manifestation de la différence d'évolution des lipoïdes. Quelle que soit d'ailleurs l'interprétation admise sur les rapports entre les éléments de Golgi et les vésicules lipoïdes, pendant les phases de croissance, la différence dans l'évolution des lipoïdes n'en constitue pas moins un caractère fondamental de la sexualisation du cytoplasme des Sporozoaires.

THÉRAPEUTIQUE. — *Démonstration de l'efficacité de la quininisation quotidienne, à petites doses, comme réducteur du réservoir de virus dans le paludisme des indigènes.* Note [1] de MM. **H. Foley** et **M. Brouard**, présentée par M. Roux.

La valeur curative de la quininisation quotidienne à petites doses chez les porteurs de germes paludéens est encore discutée. La longue durée du paludisme, sa marche chronique, les périodes de latence de l'infection rendent les vérifications difficiles et incertaines. A défaut de signes cliniques de la guérison, nous disposons cependant de deux méthodes de contrôle précises : la mensuration de l'hypertrophie splénique et la recherche des parasites dans le sang.

Chez les indigènes du Sud algérien, la splénomégalie est souvent peu prononcée et sa mesure donne des résultats inférieurs à ceux qu'on obtient par la recherche de l'hématozoaire dans le sang; mais les examens microscopiques doivent être extrêmement minutieux et prolongés, parce que le parasitisme des porteurs de germes est d'ordinaire très discret.

---

(1) Séance du 16 mars 1925.

Une expérience de longue durée, basée sur l'emploi de ces méthodes d'investigation, nous permet d'affirmer de nouveau l'efficacité de la quinine donnée à petites doses quotidiennes, pendant plusieurs mois, pour obtenir la diminution du réservoir de virus paludéen.

Notre étude a été poursuivie à Beni Ounif-de-Figuig, ksar du Sud oranais, qui compte 405 habitants blancs, arabes et berbères ou négroïdes.

Du mois d'avril 1923 au mois de mai 1924, nous avons établi, à chaque saison (avril, juin, septembre, décembre 1923, avril 1924), les index *splénique, plasmodique* et *gamétique* de 109 enfants et adolescents, âgés de 1 à 20 ans, 48 blancs, 61 négroïdes. Pour tous les examens de sang, nous avons prélevé, sur chaque individu, un étalement et 3 gouttes épaisses qui ont été examinés, par le même observateur, pendant 30^{m} au moins, lorsque les parasites étaient rares ou absents.

Dans la région, la période épidémique s'étend de mai à novembre. *Chez les enfants non quininisés*, les index augmentent progressivement à partir du printemps, pour atteindre leur maximum en décembre, à la fin de la saison fiévreuse. Ainsi, d'avril à décembre, l'index *splénique* a varié de 11,9 à 27,5 pour 100 ; l'index *plasmodique* de 52,3 à 61,5 pour 100; l'index *gamétique* de 23 à 37,6 pour 100. Dans l'ensemble, et au cours d'une année, l'examen microscopique a révélé chez les blancs 100 pour 100 de parasites et 83 pour 100 de porteurs de gamètes; chez les négroïdes, plus résistants, 83 pour 100 de parasites et 64 pour 100 de porteurs de gamètes.

70 enfants du premier groupe, pris parmi les plus jeunes et les plus fréquemment parasités, ont été soumis, du 7 mai au 15 novembre 1924 (192 jours), à la quininisation méthodique, strictement surveillée. On a administré chaque jour 0^{g},10 de sulfate de quinine (chocolatines) aux enfants de 1 à 5 ans; 0^{g},20 (1 dragée) aux enfants de 6 à 10 ans; 0^{g},40 (2 dragées) aux enfants ayant dépassé 10 ans.

La vérification des résultats a été faite le 8 décembre, trois semaines après la fin de la quininisation. *Chez les quininisés* l'index *splénique* s'était abaissé à zéro ; l'index *plasmodique* à 11 pour 100 ; l'index *gamétique* à 4,2 pour 100. Parmi les enfants de 1 à 10 ans, au nombre de 40, on n'a trouvé qu'un seul parasité.

Conclusions. — Les index endémiques du paludisme relevés au cours de plusieurs saisons consécutives, en particulier l'index parasitaire (*plasmodique* et *gamétique*), établi à l'aide d'examens microscopiques du sang très minutieux et prolongés, mettent bien en évidence le nombre et le degré d'infection des porteurs de germes.

La comparaison de ces index avant et après quininisation montre que la

quininisation journalière, à petites doses, employée par le Service antipaludique algérien pour l'amendement du réservoir de virus, est très efficace et permet de réduire dans des proportions considérables le nombre des porteurs de germes.

MICROBIOLOGIE. — *Nouvelles expériences sur la dissémination des levures dans le vignoble par les drosophiles.* Note de MM. **Edmond Sergent** et **H. Rougebief**, présentée par M. Roux.

Nos expériences de l'an passé ont montré que les poussières ne jouent aucun rôle dans la dissémination des levures sur les raisins tandis qu'un rôle important doit être attribué aux insectes et *spécialement* aux drosophiles. Cette année nous avons pu vérifier ces conclusions et préciser certaines conditions de ce mode de transport.

Comme précédemment nous nous sommes servis de cage de $1^{m},60$ de côté et sous chacune, de même, nous avons isolé un plant de vigne [1]. Vu les données acquises sur les vecteurs des levures nous avons jugé avantageux de modifier certaines dispositions dans les conditions de ces isolements.

Nous avons employé trois cages :

1° Cage A [2], à châssis entièrement vitrés, arrêtant strictement tous les insectes et toutes les poussières.

2° Cage B, à châssis entièrement recouverts d'un grillage à mailles de $0^{mm},6$ de côté, arrêtant tous les insectes y compris les drosophiles, mais permettant l'introduction des poussières.

3° Cage C, à châssis entièrement recouverts d'un grillage de $1^{m},60$ de côté et munis de nasses, c'est-à-dire permettant l'entrée des drosophiles et d'autres insectes.

Dès le 26 juin [3] les cages sont placées sur les plants. A ce moment le jus des raisins est déjà fermentescible mais aucune levure n'est encore déposée sur les pellicules [4].

---

(1) Plant de Carignan de 8 ans. Ces expériences comme celles de l'an passé ont eu lieu encore à Kouba, près d'Alger, dans le domaine de M. Grellet que nous remercions à nouveau vivement de son aimable collaboration.

(2) Celle-ci semblable à la cage A de l'an dernier.

(3) La maturation du raisin a été précoce en 1924.

(4) Du jus exprimé de ces raisins et ensemencé avec une levure pure de laboratoire fermenta parfaitement, tandis que des grains (500 ensemencés chacun dans un tube de moût stérile) ne provoquèrent aucune fermentation.

Le 8 septembre, le raisin était mûr, des grappes de chacune des serres sont prélevées aseptiquement dans des bocaux stériles, des grains pris à ces grappes sont introduits dans des tubes de moût stérile (un seul grain par tube); les tubes sont examinés matin et soir pendant 16 jours.

Voici le résumé de nos constatations :

Le raisin mûri en A, à l'*abri des poussières et des insectes*, n'a donné lieu à aucune fermentation : 350 tubes observés.

Le raisin mûri en B ([1]), *au contact des poussières* mais parfaitement à l'*abri de tout insecte*, n'a donné lieu, non plus, à aucune fermentation : 500 tubes observés.

Le raisin mûri en C, *au contact des poussières et des insectes,* a donné lieu à des fermentations dans 550 cas sur 550 : 550 tubes observés.

Le raisin des plants témoins, mûri à l'air libre, a provoqué des fermentations dans lés mêmes proportions que le raisin mûri en C. 420 cas sur 420.

Dans aucun des tubes ensemencés avec les raisins de la cage A il n'y a eu évolution de drosophiles.

Non plus dans ceux ensemencés avec les raisins de la cage B. Nous pouvons même dire qu'aucun œuf de drosophile n'a été déposé sur les raisins de ces cages, car, en même temps que des grains de ces raisins étaient mis en milieux stériles, d'autres étaient mis en milieux fermentants, favorables donc à l'évolution des larves; de plus, les grains mis en milieu stérile, après le temps d'observation, étaient transvasés en milieux fermentants et, dans aucun cas, on n'observa l'apparition de drosophiles à quelque stade que ce fût.

Au contraire, chez les tubes ensemencés avec les raisins de la cage C, il y a eu évolution de larves de drosophiles dans 278 tubes sur les 550 examinés (qui montrèrent tous des fermentations). Le nombre des larves observées dans ces tubes était considérable, un certain nombre moururent, mais 860 évoluèrent jusqu'au stade adulte. Une seule larve différente de celles des drosophiles ([2]) fut observée aussi dans un de ces tubes, mais elle mourut avant d'avoir évolué.

Comme l'an passé donc nous avons pleinement observé ces concordances : absence de levures, absence d'œufs de drosophiles, présence de levures,

---

([1]) Le jus des raisins mûris en A et B était fermentescible; ensemencé avec une levure de laboratoire il fermenta aussi bien que celui de raisins mûris en C et à l'air libre.

([2]) Plus longue, épaisse, jaune.

présence d'œufs de drosophiles, et que si, à nouveau, l'influence du contact des insectes a été prépondérante pour la dissémination des levures sur le raisin, celle du contact des poussières a été absolument sans effet.

La séance est levée à $16^h 25^m$.

É. P.

ERRATA.

(Séance du 9 mars 1925.)

Note de MM. *L. Bloch, E. Bloch* et *G. Déjardin*, Spectre d'étincelle du néon :

Page 731, ligne 25, *au lieu de* 95,7, *lire* 4595,7.
Page 733, ligne 27, *au lieu de* int. 8 07,82, *lire* int. 0 07,82.

(Séance du 23 mars 1925.)

Note de M. *J. Nageotte*, Sur la contraction extrême consécutive à la congélation du muscle strié chez la grenouille :

Page 957, ligne 11, *ajouter* (*fig.* C).